



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR PARA  
LA FACULTAD DE MECÁNICA”**

**GUAMÁN GUAJALA LUIS MIGUEL  
VEGA SEVILLA ÁNGEL AURELIO**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERO MECÁNICO**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2014**

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2012-05-14

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**LUIS MIGUEL GUAMÁN GUAJALA**

---

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR PARA LA FACULTAD DE  
MECÁNICA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Geovanny Novillo A.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Pablo Sinchiguano  
ASESOR DE TESIS

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** LUIS MIGUEL GUAMÁN GUAJALA

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR  
PARA LA FACULTAD DE MECÁNICA”

**Fecha de Examinación:** 2013-12-19

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Geovanny Novillo A. DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Pablo Sinchiguano ASESOR			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

**ESPOCH**

Facultad de Mecánica

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2012-05-14

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

**ÁNGEL AURELIO VEGA SEVILLA**

---

Titulada:

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR PARA LA FACULTAD DE  
MECÁNICA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO MECÁNICO**

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Geovanny Novillo A.  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Pablo Sinchiguano  
ASESOR DE TESIS

# ESPOCH

Facultad de Mecánica

---

## CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** ÁNGEL AURELIO VEGA SEVILLA

**TÍTULO DE LA TESIS:** “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN ELEVADOR  
PARA LA FACULTAD DE MECÁNICA”

**Fecha de Examinación:** 2013-12-19

### RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Marco Santillán Gallegos PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Geovanny Novillo A. DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Pablo Sinchiguano ASESOR			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Luis Miguel Guamán Guajala

---

Ángel Aurelio Vega Sevilla

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo les dedico a mis padres por su gran esfuerzo y apoyo incondicional, a mis hermanos y a las personas que siempre me estuvieron apoyando e impulsando siempre para seguir adelante.

**Luis Miguel Guamán Guajala**

Con todo mi cariño y mi amor para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y darme la mano cuando sentía que el camino se terminaba, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

Papá y mamá.

**Ángel Aurelio Vega Sevilla**

## **AGRADECIMIENTO**

Le agradezco principalmente a mi Señor Jesús por ser quien guía mis pasos y por darme día a día la oportunidad de seguir adelante. A mis padres, mis hermanos al ingeniero Wilson Guamán por su gran apoyo.

También el más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Escuela de Ingeniería Mecánica, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad.

A todos los amigos, compañeros por su apoyo en momentos difíciles de la carrera y a todas las personas que creyeron en mí, gracias por todos los consejos de aliento y de superación porque de esa manera han hecho posible que culmine con éxito una etapa de mi vida.

**Luis Miguel Guamán Guajala**

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecerle a ti Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A la escuela superior politécnica de Chimborazo por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado con un granito de arena a mi formación, por su visión crítica de muchos aspectos cotidianos de la vida, por su rectitud en su profesión como docentes, por sus consejos, que ayudan a formarme como persona.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida profesional a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los



momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones. Y en especial a mis padres por siempre estar conmigo.

**Ángel Aurelio Vega Sevilla**

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1 -</b>
1.1 Antecedentes .....	1 -
1.2 Justificación.....	2 -
1.3 Objetivos del proyecto .....	2 -
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	2 -
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	2 -
<b>2. MARCO CONCEPTUAL Y MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>4 -</b>
2.1 Marco conceptual .....	4 -
2.1.1 <i>Personas con movilidad reducida</i> .....	4 -
2.2 Marco teórico .....	4 -
2.2.1 <i>Reglamentación técnica en la construcción de ascensores para personas con movilidad reducida</i> .....	4 -
2.2.2 <i>Tipos de elevadores</i> .....	8 -
2.3 Consideraciones para la selección adecuada de los diferentes mecanismos y conjunto estructural del ascensor a construir. ....	33 -
<b>3. PARÁMETROS FUNCIONALES .....</b>	<b>35 -</b>
3.1 Especificaciones para el diseño del elevador .....	35 -
3.1.1 <i>Carga</i> .....	35 -
3.1.2 <i>Altura</i> .....	35 -
3.1.3 <i>Área máxima que puede ocupar el elevador</i> .....	35 -
3.2 Generación de alternativas de diseño y selección .....	36 -
3.2.1 <i>Sistema por adherencia</i> .....	36 -
3.2.2 <i>Sistema de enrollamiento de cable</i> .....	37 -
3.2.3 <i>Sistema hidráulico</i> .....	38 -
3.3 Evaluación de resultados de la mejor alternativa .....	39 -
<b>4. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL ELEVADOR.....</b>	<b>45 -</b>
4.1 Determinación de la potencia necesaria .....	45 -
4.2 Cálculo y selección del cable, diámetro y longitud del tambor.....	47 -
4.2.1 <i>Cálculo y selección del cable de elevación</i> .....	47 -
4.2.2 <i>Longitud útil del tambor</i> .....	51 -
4.3 Análisis en el eje del tambor de enrollamiento .....	52 -
4.3.1 <i>Cálculo del diámetro del eje del tambor</i> .....	56 -
4.3.2 <i>Cálculo del diámetro del eje de poleas del bastidor</i> .....	56 -

4.3.3	<i>Diseño del eje a fatiga. Análisis de fluctuación .....</i>	- 58 -
4.3.4	<i>Diseño del eje a fatiga.....</i>	- 58 -
4.4	Selección de chumaceras.....	- 63 -
4.5	Espesor del tambor .....	- 63 -
4.5.1	<i>Diseño a fatiga del tambor de enrollamiento.....</i>	- 66 -
4.6	Análisis del eje tambor .....	- 72 -
4.7	Cálculo de las guías.....	- 74 -
4.7.1	<i>Cálculo a compresión de las guías apoyadas .....</i>	- 79 -
4.7.2	<i>Cálculo a tracción de las guías suspendidas .....</i>	- 79 -
4.7.3	<i>Desarrollo del cálculo de las guías.....</i>	- 80 -
4.8	Selección del amortiguador .....	- 82 -
4.9	Análisis de la estructura del recinto o hueco .....	- 87 -
4.9.1	<i>Hipótesis.....</i>	- 87 -
4.9.2	<i>Modelo.....</i>	- 88 -
4.9.3	<i>Materiales. ....</i>	- 88 -
4.9.4	<i>Perfiles. ....</i>	- 89 -
4.9.5	<i>Estados de carga. ....</i>	- 89 -
4.9.6	<i>Combinaciones de cargas. ....</i>	- 98 -
4.9.7	<i>Asignación de cargas. ....</i>	- 98 -
4.9.8	<i>Condiciones de apoyo .....</i>	- 101 -
4.9.9	<i>Pre-proceso. ....</i>	- 101 -
4.9.10	<i>Post-proceso.....</i>	- 102 -
4.10	Análisis de la estructura de la cabina. ....	- 103 -
4.10.1	<i>Hipótesis.....</i>	- 103 -
4.10.2	<i>Modelo.....</i>	- 104 -
4.10.3	<i>Materiales. ....</i>	- 104 -
4.10.4	<i>Perfiles. ....</i>	- 105 -
4.10.5	<i>Estados de carga. ....</i>	- 105 -
4.10.6	<i>Combinaciones de cargas. ....</i>	- 106 -
4.10.7	<i>Asignación de cargas. ....</i>	- 106 -
4.10.8	<i>Condiciones de apoyo .....</i>	- 108 -
4.10.9	<i>Pre-proceso. ....</i>	- 108 -
4.10.10	<i>Post-proceso.....</i>	- 109 -
<b>5.</b>	<b>CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL ASCENSOR PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA .....</b>	<b>- 111 -</b>
5.1	Diagrama de construcción y montaje del ascensor .....	- 111 -

5.2	Equipos utilizados en la construcción del ascensor.....	- 112 -
5.3	Procedimiento de construcción .....	- 112 -
5.4	Construcción y montaje.....	- 114 -
5.4.1	<i>Construcción del ascensor.</i> .....	- 114 -
5.5	Flujograma de construcción de las partes del ascensor .....	- 116 -
5.6	Montaje del equipo elevador .....	- 119 -
5.6.1	<i>Flujograma de montaje de ascensor</i> .....	- 120 -
5.7	Descripción de la construcción de los elementos.....	- 121 -
5.8	Estructura del pozo.....	- 124 -
5.9	Equipo de potencia y conjunto .....	- 125 -
5.10	Poleas .....	- 125 -
5.11	Procedimiento de soldadura .....	- 126 -
<b>6.</b>	<b>ANÁLISIS DE COSTOS .....</b>	<b>- 127 -</b>
6.1	Generalidades .....	- 127 -
6.2	Clasificación de los costos .....	- 127 -
6.2.1	<i>Costos directos</i> .....	- 127 -
6.2.2	Costos indirectos. ....	- 134 -
6.2.3	<i>Costos totales.</i> .....	- 135 -
<b>7.</b>	<b>MANTENIMIENTO.....</b>	<b>- 136 -</b>
7.1	Fundamento.....	- 136 -
7.2	Principios básicos de mantenimiento .....	- 136 -
7.3	Funciones del mantenimiento.....	- 137 -
7.4	Mantenimiento preventivo .....	- 137 -
7.4.1	<i>Objetivos del mantenimiento preventivo</i> .....	- 137 -
7.4.2	<i>Ventajas operativas del mantenimiento preventivo</i> .....	- 138 -
7.4.3	<i>Ventajas económicas del mantenimiento preventivo</i> .....	- 138 -
7.5	Puesta en marcha del elevador .....	- 139 -
7.5.1	<i>Verificaciones y pruebas a realizar</i> .....	- 139 -
7.6.	Uso y precauciones del ascensor .....	- 141 -
7.6.1	<i>Prescripciones</i> .....	- 142 -
7.6.2.	<i>Prohibiciones</i> .....	- 142 -
7.7	Fallas frecuentes producidas en un ascensor.....	- 143 -
7.7.1	<i>Fallas funcionales</i> .....	- 143 -
7.7.2	<i>Modos de fallas</i> .....	- 143 -
7.7.3	<i>Causas de falla</i> .....	- 143 -
7.8	Operaciones de mantenimiento .....	- 143 -

7.9	Registro de las operaciones de mantenimiento .....	- 146 -
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>- 149 -</b>
8.1	Conclusiones .....	- 149 -
8.2	Recomendaciones.....	- 149 -

**BIBLIOGRAFÍA**

**ANEXOS**

**PLANOS**

## LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Ventajas e inconvenientes de los ascensores eléctricos.....	9
2	Ventajas e inconvenientes de los ascensores hidráulicos.....	11
3	Cotas y características de guías de ascensor.....	20
4	Factores de seguridad mínimos para cables metálicos.....	24
5	Desempeño relativo para la matriz de puntuación.....	40
6	Criterios de evaluación para la matriz de puntuación.....	40
7	Calificación para la selección de alternativas.....	41
8	Matriz morfológica.....	43
9	Clasificación de grupos de los cables para máquinas de elevación.....	49
10	Factores de confiabilidad $k_c$ , correspondientes a una desviación estándar de 8% del límite de fatiga.....	61
11	Especificaciones y espesor $h$ en mm de los tambores.....	65
12	Factores de confiabilidad $k_c$ , correspondientes a una desviación estándar de 8% del límite de fatiga.....	70
13	Tipo de extremo de resorte.....	86
14	Materiales utilizados.....	89
15	Tipo de uso, destino e importancia de la estructura.....	91
16	Valores de factor $Z$ en función de la zona sísmica adoptada .....	93
17	Tipo de suelo y factores de sitio $F_a$ .....	93
18	Tipo de suelo y factores de sitio $F_d$ .....	94
19	Tipo de suelo y factores de sitio $F_s$ .....	94
20	Valores de coeficientes de reducción de respuesta estructural $R$ .....	95
21	Coeficientes de configuración en planta.....	96
22	Coeficiente de configuración en elevación.....	97
23	Materiales utilizados.....	104
24	Partes constructivas de la cabina.....	113
25	Tiempos en la construcción de la cabina del elevador.....	115
26	Tiempos de montaje del ascensor.....	121
27	Tiempo de construcción del ascensor.....	122
28	Elementos para la construcción de cabina.....	122
29	Estructura de pozo.....	125
30	Equipo de potencia y conjunto.....	126
31	Poleas.....	126
32	Costo de materiales.....	129
33	Costo de materiales.....	130
34	Costos de Materiales y equipos.....	131
35	Costo de equipos y herramientas.....	132
36	Costo de equipos y herramientas.....	132
37	Costos de mano de obra.....	134
38	Costos de mano de obra por transporte.....	134
39	Costos por obra civil .....	135
40	Costo total directo.....	136

41	Costos directos.....	137
42	Costos totales.....	137
43	Operaciones de mantenimiento a realizar.....	146
44	Operaciones de mantenimiento a realizar.....	148
45	Operaciones de mantenimiento a realizar.....	149
46	Modelo oficial de ficha de revisión general periódica de ascensores.....	150
47	Características básicas.....	151

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
1 Dimensiones mínimas.....	4
2 Dimensiones.....	4
3 Instalación típica de un ascensor eléctrico.....	8
4 Instalación típica de un ascensor hidráulico.....	10
5 Elementos principales de la cabina.....	11
6 Parte interna de la cabina.....	12
7 Puerta de cabina de dos hojas giratorias o batientes.....	13
8 Puertas de cabina y de acceso correderas.....	14
9 Puerta de acceso de guillotina.....	15
10 Grupo tractor.....	15
11 Tambor de arrollamiento del cable de tracción.....	16
12 Polea de adherencia de cuatro gargantas.....	17
13 Ángulo $\alpha$ de contacto de cables y poleas de arrastre.....	18
14 Contrapeso.....	19
15 Guías de ascensor.....	19
16 Amortiguador elástico, de resorte, e hidráulico.....	22
17 Partes de un cable.....	22
18 Paracaídas de rotura o desequilibrio de los cables.....	25
19 Paracaídas de acción instantánea.....	26
20 Paracaídas de acción progresiva.....	27
21 Limitador de velocidad oscilante.....	28
22 Limitador de velocidad centrífugo.....	29
23 Final de carrera.....	30
24 Situación aproximada de los interruptores de finales de carrera.....	30
25 Salvavidas.....	31
26 Dispositivo eléctrico de seguridad contra el aflojamiento de los cables.....	32
27 Área donde se va a implementar el elevador.....	36
28 Sistema de adherencia de elevador (Contrapeso).....	37
29 Sistema de elevación por enrollamiento.....	38
30 Sistema hidráulico disposición de cilindro y vástagos.....	39
31 Diagrama de cuerpo libre.....	48
32 Eje y tambor.....	52
33 Diagrama de cuerpo libre del tambor.....	53
34 Diagrama de cuerpo libre del eje.....	53
35 Diagramas de cargas, cortante y momento flector sobre el tambor de enrollamiento.....	55
36 Diagrama de cuerpo libre del eje de poleas del bastidor.....	56
37 Sección del eje.....	57
38 Fluctuación de los esfuerzos alternantes.....	58
39 Factores de modificación de acabado superficial $k_a$ , para el acero.....	60
40 Solicitación a compresión del tambor de arrollamiento.....	64
41 Fluctuación de las cargas sobre el eje.....	66
42 Eje tambor.....	67
43 Diagramas de cargas, cortante y momento flector sobre el tambor de enrollamiento...	67



44	Factores de modificación de acabado superficial $k_a$ , para el acero.....	69
45	Curva para determinar la duración de un elemento.....	72
46	Condiciones iniciales.....	73
47	Esfuerzo de Von Mises.....	73
48	Ciclos de vida del eje tambor.....	74
49	Empuje horizontal sobre las guías, producido por la excentricidad de la carga.....	75
50	Esfuerzo de frenado sobre las guías, producido por el acúñamiento brusco de la cabina al actuar el paracaídas.....	76
51	Instalación de guías apoyadas.....	78
52	Instalación de guías suspendidas.....	79
53	Amortiguador de acumulación de energía (resorte).....	87
54	Modelo geométrico.....	88
55	Espectro sísmico elástico, que representa el sismo de diseño.....	91
56	Mapa para diseño sísmico.....	92
57	Aplicación de la carga muerta en la estructura del pozo.....	99
58	Aplicación de la carga viva en la estructura del pozo.....	99
59	Aplicación de la carga por granizo en la estructura del pozo.....	100
60	Aplicación de la carga por sismo en la estructura del pozo.....	101
61	Deformación de la estructura del pozo.....	102
62	Análisis de las razones demanda/capacidad de la estructura del pozo.....	103
63	Modelo geométrico.....	104
64	Aplicación de la carga muerta en la cabina.....	107
65	Aplicación de la carga viva en la cabina.....	107
66	Aplicación de la carga por sismo en la cabina.....	108
67	Deformación de la estructura de la cabina.....	109
68	Análisis de las razones demanda/capacidad de la estructura de la cabina.....	109
69	Diagrama de construcción y montaje del ascensor.....	111
70	Flujograma de construcción estructural para la cabina.....	118
71	Eje Principal de transmisión, y tambor de arrollamiento.....	118
72	Sistema de transmisión principal o conjunto de cuarto de máquinas.....	119
73	Operadores automáticos.....	119
74	Sistema estructural del pozo.....	120
75	Flujograma de montaje de ascensor.....	121
76	Posición de enclavamiento.....	141

## LISTA DE ABREVIACIONES

CONADIS	Consejo Nacional de Discapacidades
PMR	Personas con movilidad reducida
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
EN 81-1	Norma española: Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores eléctricos
ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos
AWS	Sociedad Americana de Soldadura (American Welding Society)
ASD	Diseño por esfuerzos admisibles (Allowable Stress Design)
AISC	Instituto Americano de Construcción en Acero (American Institute of Steel Construction)

## **LISTA DE ANEXOS**

- A**      Características del motor
- B**      Características del reductor
- C**      Características del cable de acero de 6 x 19
- D**      Características de chumaceras
- E**      Procedimiento de ensayo líquidos penetrantes
- F**      Código de soldadura estructural-acero (AWS D1.1)

## **RESUMEN**

El objetivo principal del presente trabajo de tesis es diseñar y construir un elevador para mejorar la accesibilidad a la segunda planta del edificio central de la Facultad de Mecánica, especialmente para personas con movilidad reducida.

Su diseño se realizó en base a la norma técnica INEN 2 299, la norma española UNE-EN 81-1, las cuales establecen los requisitos que deben cumplir los ascensores en los edificios para que permitan la accesibilidad a las personas con movilidad reducida.

Se consideraron tres alternativas para el sistema de elevación como son: sistema por adherencia, sistema de tracción por cable y sistema hidráulico, dando así la opción más adecuada el sistema de tracción por cable, el cual emplea un sistema de enrollamiento, que se compone básicamente de un grupo tractor acoplado a un tambor, alrededor del cual se enrolla un cable de acero que directamente desplaza la cabina, sea para arriba enrollando el cable, o para abajo desenrollándolo. El rendimiento mecánico de este sistema es muy alto, del orden del 80%, y es de fácil instalación para elevadores de mediana y grandes cargas.

El elevador tiene una capacidad de transporte de 400 Kg, con una velocidad nominal de 0.5 m/s. El grupo tractor está compuesto de un motor con una potencia de 3 Hp, el mismo que viene incorporado con un variador de frecuencia que permite una arrancada y parada más suave y confortable para el usuario, un reductor de velocidad, un freno de electroimán y el tambor de enrollamiento. El tipo de operadores de puerta es de marca mitsubishi automático y la manera de abertura de la puerta es de tipo central.

Por medio de la implementación de este medio de elevadores se contribuye a eliminar las barreras de acceso de las personas con movilidad reducida a las edificaciones de la institución, contribuyendo así a mejorar las condiciones de calidad de la infraestructura física.

## **ABSTRACT**

The main objective of this thesis is to design and build an elevator to improve accessibility to the second floor of the main building of the Mechanics Faculty, especially for people with reduced mobility.

Its design was based on the technical standard INEN 2 299, and the Spanish rule UNE - EN 81-1, which establish the requirements for elevators in buildings to allow accessibility for people with reduced mobility.

The three alternatives considered for the lifting system are: adhesion system, drive system and hydraulic system; the best option was the cable drive system, which uses a coiling system, which basically consists of a drive unit coupled to a drum around which a steel cable is spooled and it moves the car, whether rolling up to cable or unrolling it down. The mechanical performance of this system is very high, around 80 %, and it is easy to install for medium and large loads elevators.

The elevator has a 400 kg of carrying capacity, with a nominal speed of 0.5 m/s. The drive unit consists of a motor with a power of 3 Hp, it comes with a built-in inverter that allows a smooth and comfortable start and stop for the user, a speed reducer, a brake electromagnet and winding drum. The operators' brand is automatic mitsubishi and the door opening system is central.

Through the elevators system implementation people with reduce mobility could access the institution, buildings with no difficulty, thus helping to improve the infrastructure quality.

## **CAPÍTULO I**

### **1. INTRODUCCIÓN**

#### **1.1 Antecedentes**

En los últimos años, el concepto de Accesibilidad Universal ha ido calando en los ámbitos relacionados con la discapacidad.

En un primer momento, la palabra accesibilidad estaba asociada a la eliminación de barreras físicas, a facilitar el acceso a los entornos urbanos, arquitectónicos. Sin embargo, hemos ido avanzando desde esa concepción parcial de la accesibilidad a englobarla en un concepto que considera a la persona y a su entorno como un todo (Riberdis): como lo menciona el CONADIS una manifestación del reconocimiento de los derechos a la dignidad humana y de la igualdad de las personas con discapacidad, es el reconocimiento de su derecho a la accesibilidad para lograr su integración social, toda vez que si el ambiente físico es accesible, la persona puede ejercer sin obstáculo el derecho a la libre locomoción y por esta vía, puede disfrutar de otros derechos fundamentales como la educación, la salud, el trabajo, etc. (Corte Constitucional, 2011)

Es importante mencionar la existencia de ascensores pensados para personas con discapacidades, o con movilidads reducidas. Existen muchos tipos de ascensores, para minusválidos, por las facilidades que estos les brindan a los usuarios. Lo que se busca con esto, es poder lograr una vida más fácil, y más simple a las personas con movilidads reducidas, es decir despojarlos de las complicaciones que tienen solución.

La idea es que nadie quede excluido y pueda gozar de los mismos beneficios que otros. (Ascensores ws.)

En muchas empresas de jerarquía suelen existir dos tipos de ascensores, por un lado los tradicionales, y por otro lado un ascensor que siempre se le da prioridad, en cuanto al uso, a personas con diferentes discapacidades o problemas físicos. Por ello es que los ascensores para discapacitados son tan requeridos en la actualidad (Ascensores ws. para discapacitados)

Debido a esto se ha visto en la necesidad de diseñar un ascensor para personas con discapacidades o movilidades reducidas, en procura de eliminar las barreras de accesibilidad en la Facultad de Mecánica.

## **1.2 Justificación**

El índice de personas con discapacidad se encuentra entre el 12 y 14% de la población total del país. En sus inicios la atención a las personas con discapacidad era tratada como una molestia a la sociedad, con el pasar de los años se ha ido tecnificando, y ha dejado de ser una acción de supervivencia y ayuda a través de las asociaciones de padres de familia de personas con discapacidad e instituciones privadas. (Ecuador, Defensoría del Pueblo)

A través de la canalización de los conocimientos e información adquiridos durante nuestra carrera se plantea el diseño y construcción de un ascensor para personas con discapacidad o movilidad reducida. Con la construcción del ascensor, podemos decir que no se trata de un ascensor complejo, que requiere de un sistema especial para transportar personas, si no que los mismos son tradicionales, solo que están preparados para soportar más peso, en el caso que la persona tenga que subir en silla de ruedas.

Por medio de la implementación de este medio de elevadores se dejará sentado el precedente de que se puede innovar una alternativa de fácil movilidad en el campo institucional y de alguna forma contribuir con el proceso de crecimiento Socio-Económico de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

## **1.3 Objetivos del proyecto**

**1.3.1 Objetivo general.** Diseñar y construir un elevador para mejorar la accesibilidad a la segunda planta del edificio central de la Facultad de Mecánica, especialmente para personas con movilidad reducida.

### **1.3.2 Objetivos específicos:**

Establecer los parámetros funcionales.

Diseñar el tipo de ascensor más idóneo.

Seleccionar la fuente motriz.

Diseñar y/o seleccionar los elementos mecánicos.

Utilizar materiales existentes en el mercado nacional.

Seleccionar un sistema electrónico de control adecuado para el ascensor.



## CAPÍTULO II

### 2. MARCO CONCEPTUAL Y MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Marco conceptual

Un ascensor o elevador es un sistema de transporte vertical diseñado para movilizar personas o bienes entre diferentes niveles. Puede ser utilizado bien sea para bajar o subir en un edificio o una construcción subterránea. Está conformado con partes mecánicas, electrónicas y eléctricas que funcionan en conjunto para lograr un medio seguro de movilidad. (Wikipedia, 2012)

En la actualidad, con el nacimiento del siglo XXI son varias las novedades que se han producido en el tema del ascensor, por ejemplo: ascensores de frecuencia variable, eliminación del cuarto de máquinas (en una versión reducida y mejorada) y simplificación de la instalación eléctrica de la maniobra del ascensor. (Mp Ascensores, 2006)

**2.1.1 Personas con movilidad reducida.** Las personas con movilidad reducida (PMR) son aquellas que tienen permanente o temporalmente limitada la capacidad de moverse sin ayuda externa.

Es un concepto muy utilizado en accesibilidad ya que es más amplio que la sola consideración de los discapacitados. El grupo de PMR se compone tanto de aquellos que tienen una discapacidad relacionada con la movilidad (paraplejía, tetraplejía, problemas óseos, etc.) como de quienes tienen dificultades por otros motivos (ancianos, embarazadas, personas con niños pequeños, etc.). Al mismo tiempo, no todos los discapacitados son personas de movilidad reducida. Las necesidades más habituales para las personas de movilidad reducida son la ausencia de desniveles y la suficiente anchura de paso. (Wikipedia (Personas con movilidad reducida))

#### 2.2 Marco teórico

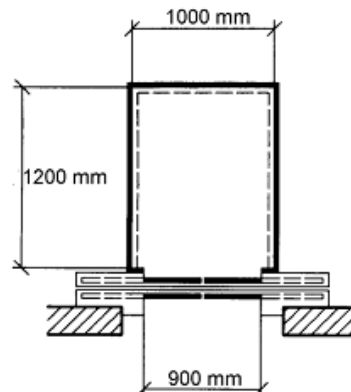
**2.2.1 Reglamentación técnica en la construcción de ascensores para personas con movilidad reducida.** De acuerdo con la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2 299:2001, que trata sobre la **ACCESIBILIDAD DE LAS PERSONAS CON DISCAPACIDAD Y MOVILIDAD REDUCIDA AL MEDIO FÍSICO. ASCENSORES,**

tiene como objeto establecer los requisitos que deben cumplir los ascensores en los edificios, de tal forma que permitan la accesibilidad de las personas con discapacidad y movilidad reducida.

**2.2.1.1 Requisitos.** De acuerdo con la norma se tienen algunos requisitos específicos como son:

**Dimensiones.** Las dimensiones mínimas libres del interior de la cabina del ascensor, deben ser 1200 mm de fondo y 1000 mm de ancho, para permitir alojar a una silla de ruedas y a un eventual acompañante, ver figura 1.

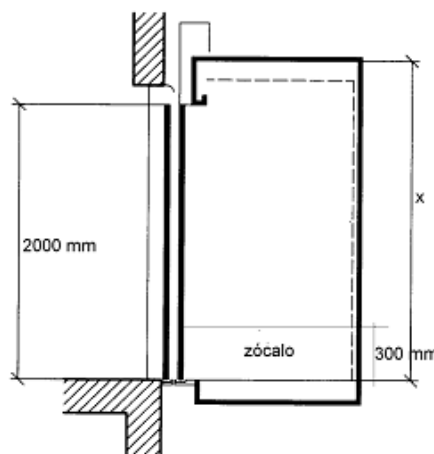
Figura 1. Dimensiones mínimas



Fuente: Norma NTE INEN 2 299:2001 (INEN , 2001)

Cuando el lado de la puerta de la cabina no coincide con el lado de la puerta de la parada, las dimensiones mínimas deben ser de 1200 mm x 1400 mm para permitir el libre giro de la silla de ruedas.

Figura 2. Dimensiones



Fuente: Norma NTE INEN 2 299:2001 (INEN , 2001)

**Las dimensiones mínimas** del vano de la puerta de la cabina, deben ser 900 mm de ancho y 2000 mm de alto. Su accionamiento debe ser automático, ver figura 1 y 2.

**Tiempo de apertura.** El ascensor debe tener un tiempo mínimo de apertura desde el aviso de que este ascensor está contestando el llamado (señalización luminosa y acústica), hasta que las puertas del ascensor empiezan a cerrarse, determinado según la fórmula:

$$T = \frac{D}{445} \quad (1)$$

En donde:

$T$  = Tiempo mínimo de apertura en segundos.

$D$  = Distancia desde el eje del corredor hasta la puerta en mm.

445 = Constante, en mm/s.

La distancia “D” debe ser establecida desde un punto situado en el eje del corredor o pasillo directamente frente a la botonera de llamado (y a un máximo desde ésta de 1500 mm), hasta el eje de la puerta del ascensor, sobre la puerta de entrada más lejana.

En ningún caso el *tiempo de apertura* será menor a 5 segundos respondiendo a una llamada exterior y a 3 segundos, respondiendo a una llamada interior.

**2.2.1.2 Características generales.** A continuación se describen las características que debe tener un ascensor para personas con movilidad reducida.

*El piso de ingreso al ascensor* debe estar señalizado mediante pavimento texturizado con un área mínima de 1200 mm x 1200 mm.

*El espacio para embarque y desembarque* debe tener un área mínima de 1500 mm x 1500 mm en condiciones simétricas y centradas a la puerta. En caso que el ascensor tenga puertas batientes, la dimensión del espacio exterior frente al ascensor, se lo definirá por la posibilidad de inscribir un círculo de 1200 mm de diámetro en el área libre del barrido de la puerta.

Por lo menos una de las paredes interiores del ascensor debe tener un pasamano ubicado a 900 mm de alto y con las características generales ya definidas para este tipo de elemento según NTE INEN 2 244.

Las paredes interiores de la cabina deben estar provistas de un zócalo de material resistente de 300 mm de alto, para proteger contra el impacto de los reposapiés de la silla de ruedas, ver figura 2.

La cabina del ascensor debe estar provista de piso antideslizante. Si existen alfombras o moquetas, éstas deben estar sujetas.

El mecanismo de apertura de puertas debe estar provisto de un sensor automático ubicado máximo a 800 mm del piso.

La intensidad luminosa en el interior de la cabina no debe ser menor a 100 lux.

**2.2.1.3 Comandos.** Los comandos que debe tener un ascensor para un buen funcionamiento son los siguientes:

El tablero de control interior debe estar ubicado a una altura máxima de 1200 mm, medida desde el nivel de piso terminado de la cabina, al borde superior del tablero.

Los botones pulsadores de emergencia y parada, deben estar agrupados en la parte inferior del tablero de control, a una altura máxima de 1000 mm medida desde el nivel del piso terminado.

Los botones de llamado exterior deben estar ubicados a una altura máxima de 1200 mm referida a su eje, medida desde el nivel del piso terminado.

Todos los botones pulsadores de los comandos interiores y exteriores deben contar con señalización en relieve, en sistema braille, señal acústica y colores contrastantes.

La dimensión de los botones de control no pueden ser inferiores a 20 mm x 20 mm ó 20 mm de diámetro según su forma.

**2.2.1.4 Paradas.** Las paradas deben cumplir con las siguientes condiciones:

La precisión de parada puede admitir una tolerancia máxima de 20 mm con relación al piso de embarque o desembarque.

Las paradas deben estar provistas de mensaje acústico de llegada: dos tañidos indican que el ascensor baja y un tañido que sube.

Junto a la puerta de acceso al ascensor se deben disponer flechas que indiquen la dirección hacia dónde va. Las flechas deben ser de colores contrastantes, con una dimensión mínima de 70 mm, ubicadas a una altura de 1800 mm referidas a su centro y medidas desde el nivel de piso terminado.

La separación entre el suelo firme y el piso de la cabina debe tener una tolerancia horizontal igual a 20 mm. (INEN , 2001)

**2.2.2 Tipos de elevadores.** Fundamentalmente hay dos tipos, el ascensor eléctrico y el ascensor hidráulico, más propiamente llamado oleodinámico, los cuales se describen a continuación de un modo general.

**2.2.2.1 Ascensor eléctrico.** Sistema de transporte vertical en el cual el carro se mueve mediante cables o cinta de tracción, accionados por un motor eléctrico, (Norma Ecuatoriana de Construcción) todo ello funciona con un sistema de guías verticales y consta de elementos de seguridad como el amortiguador situado en el foso (parte inferior del hueco del ascensor) y un limitador de velocidad mecánico, que detecta el exceso de velocidad de la cabina para activar el sistema de paracaídas, que automáticamente detiene el ascensor en el caso de que esto ocurra.

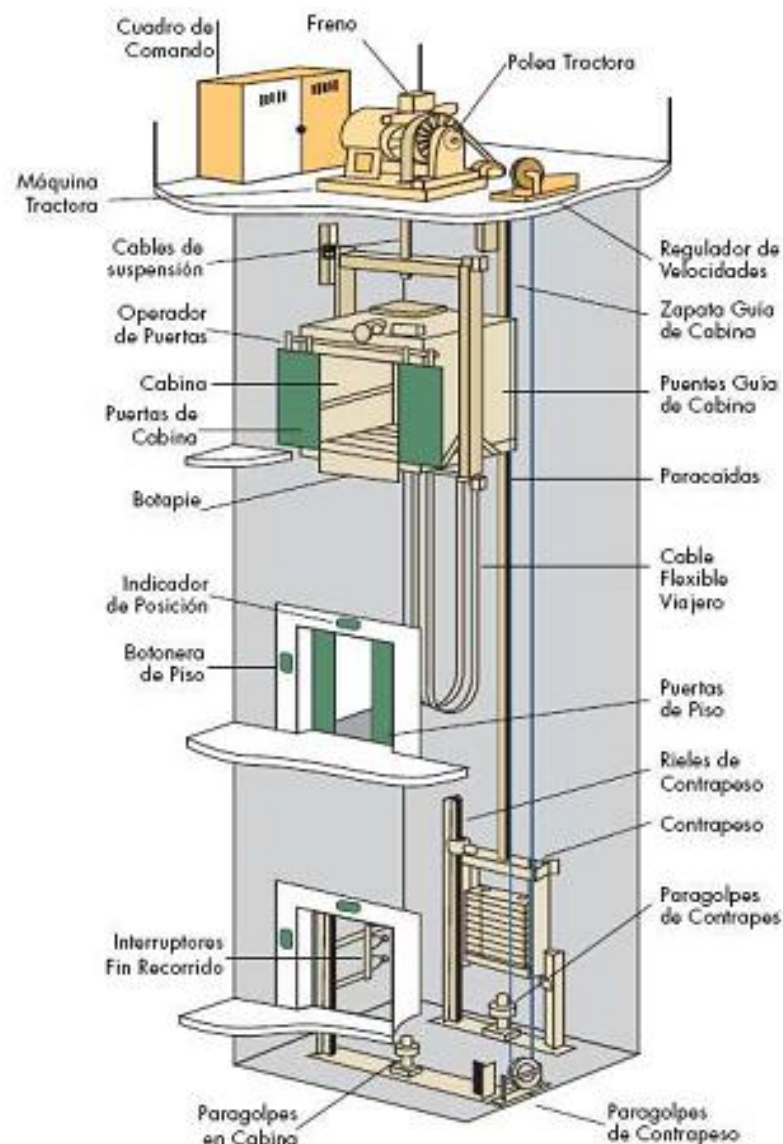
El ascensor eléctrico es el más común para transporte de personas a baja y alta velocidad (superior a 0,8 m/s), elevadores con alta exigencia de confort (hospitales, hoteles) o elevadores que sirven más de 6 pisos.

**Una velocidad.** Los grupos tractores con motores de una velocidad, solo se utilizan para ascensores de velocidad no mayores de 0,7 m/s, por lo general eran colocados en ascensores de viviendas de 300 kg y 4 personas. Su nivel de parada es muy impreciso y varía mucho con la carga, incluso es distinto en subida como en bajada.

En muchos países está prohibida su instalación para nuevos ascensores por su imprecisión en la parada.

**Dos velocidades.** Los grupos tractores de dos velocidades poseen motores trifásicos de polos conmutables, que funcionan a una velocidad rápida y otra lenta según la conexión de los polos. De esta manera se obtiene con una velocidad de nivelación baja, un frenado con el mínimo de error (aproximadamente 10 mm de error) y un viaje más confortable. Estos grupos tractores en la actualidad están en retirada, ya que consumen demasiada energía y son algo ruidosos.

Figura 3. Instalación típica de un ascensor eléctrico



Fuente: [http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/10846/3/PFC\\_1.pdf](http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/10846/3/PFC_1.pdf)

**Variación de frecuencia.** La aceleración en la arrancada y la deceleración antes de que actúe el freno se llevan a cabo mediante un variador de frecuencia acoplado al cuadro de maniobra. El freno actúa cuando el ascensor está prácticamente parado y se consigue así una nivelación y un confort que superan incluso los del sistema de dos velocidades.

Finalmente se dispone una tabla donde se muestran las ventajas e inconvenientes que presenta este tipo de ascensor.

Tabla 1. Ventajas e inconvenientes de los ascensores eléctricos.

Ventajas	Inconvenientes
No existe limitación en el recorrido.	Gran número de elementos sometidos a un mayor desgaste entre los que destaca el cableado.
Mantenimiento económico.	Supone una sobrecarga en la estructura del edificio.
Potencia instalada menor a igualdad de prestaciones que uno hidráulico.	Instalación menos flexible debido a sus características constructivas.
Excelente rendimiento general de la máquina.	Necesidad de un contrapeso con el consecuente espacio ocupado en el hueco.
Uso mucho más extendido.	

Fuente: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/10846/2/Mem%C3%B2ria.pdf>

**2.2.2.2 Ascensor hidráulico u oleodinámico.** En los ascensores hidráulicos el accionamiento se logra mediante un motor eléctrico acoplado a una bomba, que impulsa aceite a presión por unas válvulas de maniobra y seguridad, desde un depósito a un cilindro, cuyo pistón sostiene y empuja la cabina para ascender. En el descenso se deja vaciar el pistón del aceite mediante una válvula con gran pérdida de carga para que se haga suavemente. De este modo el ascensor oleodinámico solamente consume energía en el ascenso. Por el contrario, la energía consumida en el ascenso es cuatro veces superior a la que consume el ascensor electro-mecánico, por lo que el resultado es que, por término medio, consumen más o menos el doble que éstos.

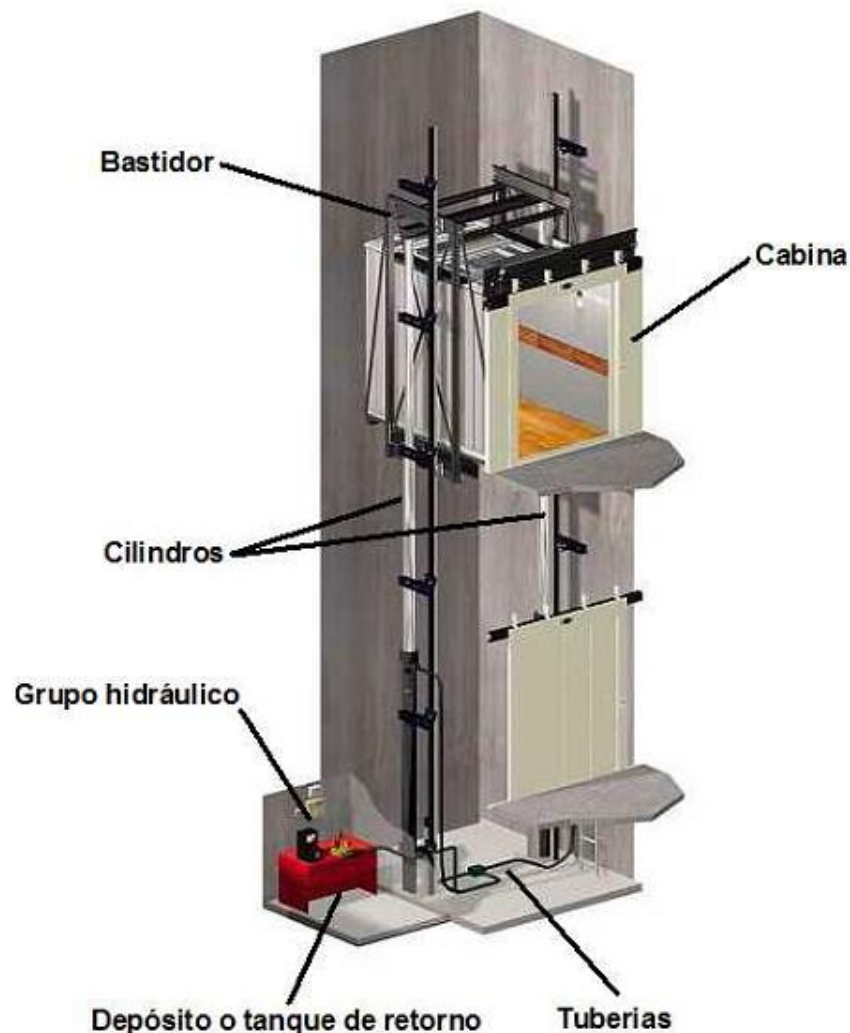
El grupo impulsor realiza las funciones del grupo tractor de los ascensores eléctricos, y el cilindro con su pistón la conversión de la energía del motor en movimiento.

El fluido utilizado como transmisor del movimiento funciona en circuito abierto, por lo que la instalación necesita un depósito de aceite.

La maquinaria y depósito de este tipo de ascensor pueden alojarse en cualquier lugar, situado a una distancia de 12m del hueco del mismo, con lo cual permite más posibilidades para instalar este ascensor en emplazamientos con limitación de espacio.

Son los más seguros, más lentos y los que más energía consumen, aunque son los más indicados para instalar en edificios sin ascensor. (Sigweb págs. 6, 7)

Figura 4. Instalación típica de un ascensor hidráulico



Fuente: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/10846/2/Mem%C3%B2ria.pdf>

Las ventajas e inconvenientes de estos ascensores son las siguientes:



Tabla 2. Ventajas e inconvenientes de los ascensores hidráulicos.

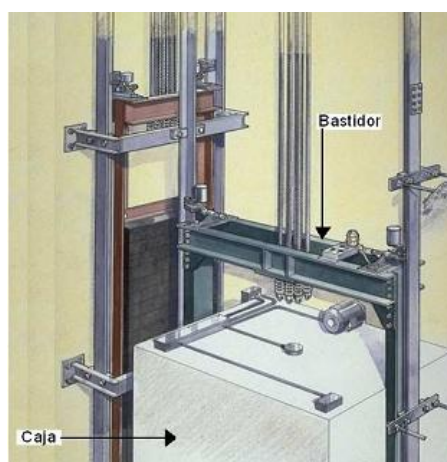
Ventajas	Inconvenientes
Amplia libertad de ubicación del cuarto de máquinas.	Potencia instalada mayor a igualdad de prestaciones que un ascensor eléctrico.
Funcionamiento silencioso y fiable.	Recorrido máximo limitado a edificios de baja altura (en torno a los 15 o 18 metros).
Instalación relativamente económica.	Velocidades nominales más bajas.
Arranques, paradas y cambios de marchas suaves.	Uso abundante de aceites cuyas características dependen además del control de la temperatura.
La nivelación de la plataforma con las paredes es exacta, por ser independiente de las condiciones de carga de la cabina.	Mayor necesidad de mantenimiento.
Sin riesgo de caída descontrolada pudiéndose prescindir del mecanismo paracaídas.	
No necesitan de contrapeso.	

Fuente: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/10846/2/Mem%C3%B2ria.pdf>

**2.2.2.3 Elementos constitutivos de un ascensor.** Podemos establecer los siguientes elementos principales:

**Cabina.** Es el elemento portante del sistema de ascensores. Está formada por dos partes el bastidor o chasis y la caja o cabina. En sus extremos inferior o superior según necesidades; se encuentra el sistema de paracaídas, ya sea instantáneo o progresivo. Este sistema libera unas cuñas contra las guías para frenar la cabina en caso de que baje a más velocidad de la permitida por el limitador de velocidad, impidiendo que la cabina pueda caer libremente incluso en el caso de que se partieran todos los cables que sujetan la cabina. (Sigweb pág. 3)

Figura 5. Elementos principales de la cabina.



Fuente: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/10846/2/Mem%C3%B2ria.pdf>

Figura 6. Parte interna de la cabina



Fuente: [http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/10846/3/PFC\\_1.pdf](http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/10846/3/PFC_1.pdf)

***Puertas de cabina.*** Las puertas de cabina deberán reunir las siguientes condiciones:

- *Construcción.* Deberán ser de superficie continua o llena. Únicamente en los ascensores industriales destinados principalmente al transporte de cargas, generalmente acompañados de usuarios autorizados y advertidos, podrán emplearse puertas de desplazamiento vertical (de guillotina), de malla de dimensiones máximas de 10 mm horizontalmente y 60 mm verticalmente.
- *Resistencia mecánica.* Las puertas de cabina cerradas deben resistir, una fuerza horizontal de 300 N (30 kgf) aplicada perpendicularmente desde el interior de la cabina hacia el exterior, y distribuida de una manera uniforme sobre una superficie de 5 cm<sup>2</sup> de forma cuadrada o redonda sin que resulte deformada permanentemente, con deformación elástica superior a 15 mm (0,015 m), deformada en ningún sentido, y pueda seguir siendo utilizada normalmente.
- *Cierre de la entrada.* Cuando las puertas de la cabina estén cerradas debe cubrir totalmente las entradas.
- *Huelgos.* Las holguras entre hojas de las puertas, o entre hojas y montantes y entre las puertas y el dintel o el lumbral deben ser lo más pequeños posible para reducir el riesgo de cizallamiento. Los huelgos no deben ser nunca mayores de 10 mm (0,010 m).

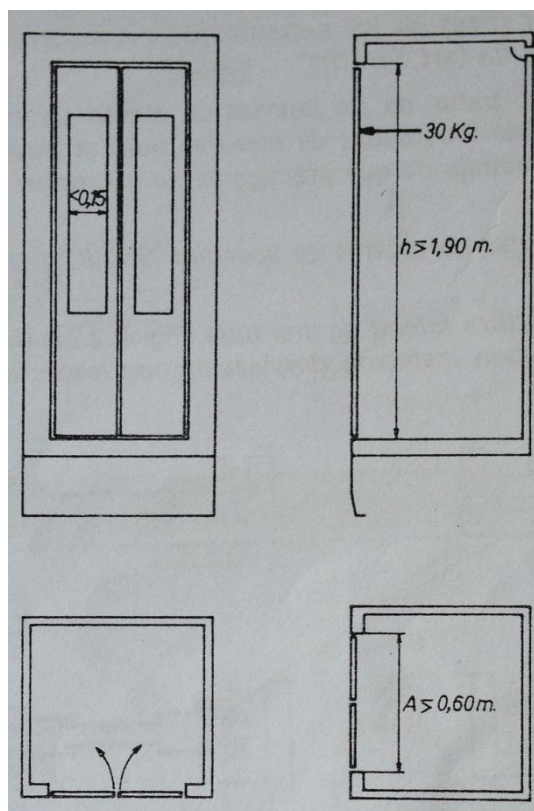
- *Dimensiones.* Las dimensiones mínimas de las entradas de las cabinas serán 1,90 m de altura y 0,60 m de anchura.

***Tipos de puertas de cabina.*** Las puertas de la cabina se construyen de cinco tipos pero las más utilizadas son:

a) *Puertas giratorias o batientes.* Las puertas giratorias que se abren girando sobre sus bisagras son las más empleadas. Generalmente son de dos hojas, para restar menos espacio, al abrirse, a la cabina (figura 7). En cualquier caso debe limitarse la apertura de estas puertas con topes o dispositivos análogos, para evitar que se dañen, o abran al exterior.

También estas puertas pueden llevar resortes que las cierren automáticamente, aunque resulten así más incómodas de mantenerlas abiertas, cuando han de salir varias personas.

Figura 7. Puerta de cabina de dos hojas giratorias o batientes



Fuente: LASHERAS ESTEBAN, José María. Ascensores y Escaleras Mecánicas.

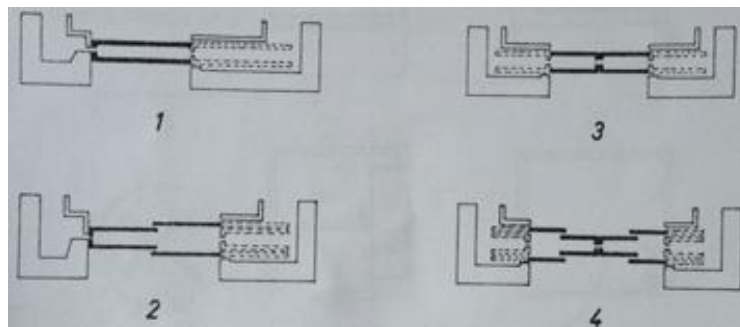
Ediciones Montesco, Barcelona, España. 1980.

b) *Puertas correderas*. Las puertas correderas, o sea de deslizamiento horizontal se abren y cierran deslizándose por dos guías, una superior y otra inferior. Además deben estar bien construidas para evitar que se acuñen o descarrilen. Y deben llevar topes en los extremos de sus recorridos para que no se salgan de las guías.

Tienen la ventaja de que prácticamente no restan espacio a la cabina, se construyen puertas correderas de apertura lateral, y de apertura central.

Las puertas de apertura lateral de una hoja (figura 8.1), tienen el inconveniente de que deben instalarse desplazadas con respecto al eje de la cabina para poder alojar la puerta abierta, lo que entorpece la circulación de los pasajeros extraordinariamente.

Figura 8. Puertas de cabina y de acceso correderas



Fuente: LASHERAS ESTEBAN, José María. Ascensores y Escaleras Mecánicas.  
Ediciones Montesco, Barcelona, España. 1980.

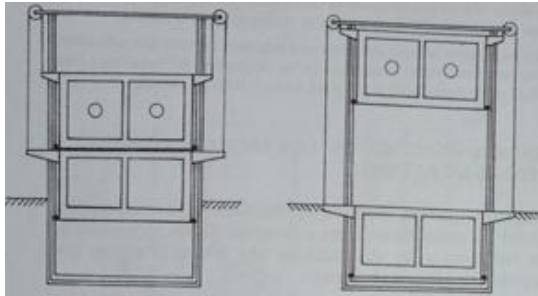
Las de *apertura lateral telescópica* (figura 8.2) permiten aberturas mayores, y además como las dos hojas llevan la misma velocidad de desplazamiento, una con respecto a la cabina y la otra con respecto a la anterior, resulta que la apertura se realiza en la mitad de tiempo. Sin embargo no se evita el desplazamiento del eje de la puerta de la cabina. Además son más complicadas y complejas.

Las de *apertura central de dos hojas* (figura 8.3) centradas con el eje de la cabina, facilitan la circulación de los pasajeros. Además si se puede prolongar el desplazamiento de las hojas por el exterior de la cabina, se puede obtener una apertura, casi total, de la anchura de ésta.

Las de *apertura central telescópica* (figura 8.4) dan una abertura bien centrada en el eje de la cabina, de grandes dimensiones, y con una gran velocidad de apertura.

c) *Puertas de guillotina.* Las puertas de guillotina o de deslizamiento vertical, se utilizan generalmente para ascensores industriales, pues permiten grandes aperturas sin ocupar espacio en la cabina. (LASHERAS ESTEBAN, 1980 págs. 137-141)

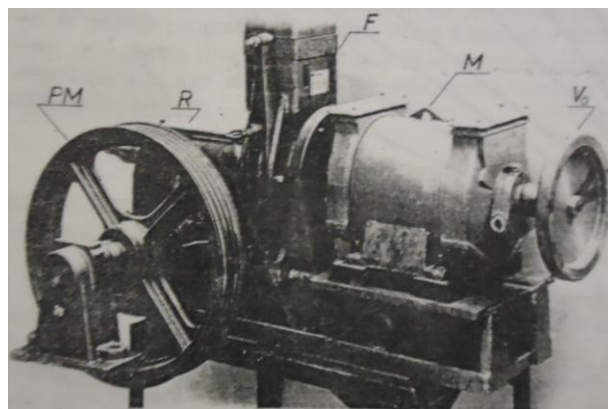
Figura 9. Puerta de acceso de guillotina



Fuente: LASHERAS ESTEBAN, José María. Ascensores y Escaleras Mecánicas. Ediciones Montesco, Barcelona, España. 1980.

**Grupo tractor.** Los grupos tractores para ascensores están formados normalmente por un grupo motor, acoplado a un reductor de velocidad, en cuyo eje de salida va montada la polea acanalada que arrastra los cables por adherencia, o bien un tambor en el que se arrollan los cables. En la fig. 10 se muestra un grupo tractor, en el que se puede distinguir el grupo formado por (M) el motor, (R) reductor, (F) freno, (PM) polea motriz, (Vo) volante para poner a nivel a mano la cabina en caso de avería. (LASHERAS ESTEBAN, 1980 págs. 196, 197)

Figura 10. Grupo tractor



Fuente: LASHERAS ESTEBAN, José María. Ascensores y Escaleras Mecánicas. Ediciones Montesco, Barcelona, España. 1980.

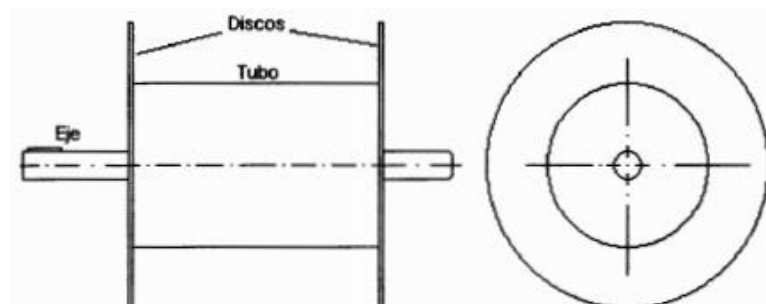
**Tambor de arrollamiento.** Para la seguridad de las máquinas de elevación, se requiere que los tambores de cables deben ser suficientemente grandes para permitir el arrollamiento total del cable en una única capa. Los tambores lisos con varias capas de cables, sólo se usan en cabrestantes para las obras públicas, y en las cucharas mecánicas y en los tambores de almacenamiento que se encuentran detrás de las poleas de fricción, almacenando grandes longitudes de cable con tensión reducida.

Es necesario dejar al menos 1.5 preferentemente 2 ó 3 espiras muertas, que refuerzan la fijación del cable y que impiden que se desarrolle por completo. (HELLMUT, 1970 pág. 29)

La norma EN 81-1 (Norma española: Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores eléctricos), en 9.4.3 dice que no debe arrollarse más de una capa de cables sobre el tambor.

En 9.4.4 dice que la inclinación de los cables con las gargantas del tambor no debe rebasar los 4°. (Norma EN 81-1, 2001)

Figura 11. Tambor de arrollamiento del cable de tracción



Fuente: (NAVARRO GONZALES, 2001)

**Polea de tracción.** En los elevadores de polea de arrastre, la adherencia de los cables sobre la o las gargantas de la polea, debe ser suficiente para que al moverse ésta arrastre los cables tanto en subida como en bajada, con la cabina plenamente cargada.

Para que se realice este arrastre sin deslizamiento, debe verificarse que:

$$\frac{T_1}{T_2} C_1 C_2 \leq e^{f\alpha} \quad (2)$$

En la que:

$T_1/T_2$  es la relación entre la carga o fuerza estática mayor ( $T_1$ ) y menor ( $T_2$ ), que solicitan los dos ramales de cables suspendidos de la polea de arrastre.

$C_1$  un coeficiente que es función de la deceleración de frenado de la cabina, y de la aceleración normal de la gravedad.

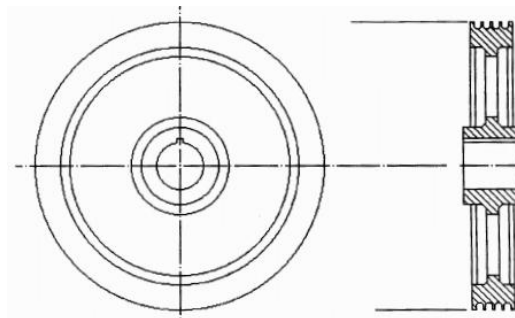
$C_2$  un coeficiente que tiene en cuenta la variación del perfil de la polea de tracción debido al desgaste.

$e$  es la base de los logaritmos neperianos.

$f$  coeficiente de rozamiento de los cables en las gargantas de las poleas de tracción.

$\alpha$  Es el arco de arrollamiento de los cables sobre la polea de tracción en radianes.  
(NAVARRO GONZALES, 2001 págs. 13, 14)

Figura 12. Polea de adherencia de cuatro gargantas



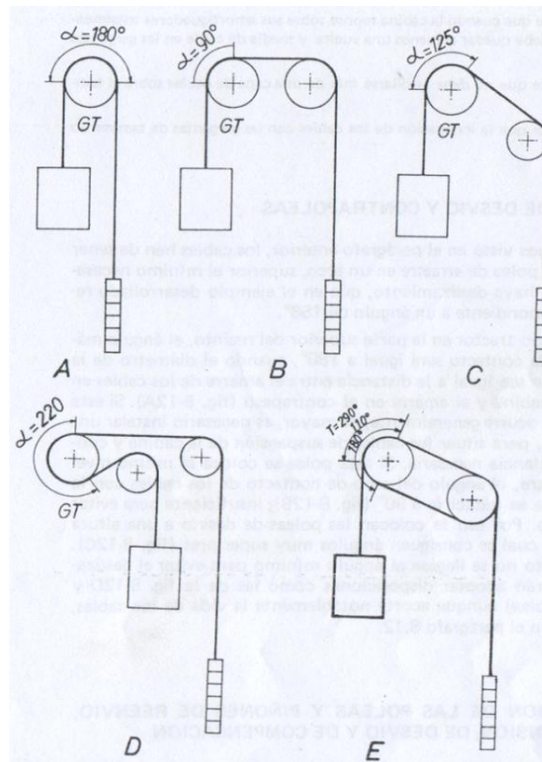
Fuente: (NAVARRO GONZALES, 2001)

**Poleas de desvío y contrapoleas.** Como se vio en el párrafo anterior, los cables han de tener contacto con la polea de arrastre en un arco, superior al mínimo necesario para que no haya deslizamiento.

Con el grupo tractor en la parte superior del recinto, el ángulo máximo del arco de contacto será igual a  $180^\circ$ , cuando el diámetro de la polea de arrastre sea igual a la distancia entre el amarre de los cables en el chasis de la cabina y el amarre en el contrapeso (figura 13A). Si esta distancia, como ocurre generalmente, es mayor, es necesario instalar una polea de desvío, para situar los cables de suspensión de la cabina y contrapeso a la distancia necesaria. Si esta polea se coloca al mismo nivel que la de arrastre, el ángulo del arco de contacto de los cables con la polea de arrastre se reduciría a  $90^\circ$  (figura 13B), insuficiente para evitar el deslizamiento. Por eso se colocan las poleas de desvío. Por eso se colocan las poleas de desvío a una altura

inferior, con lo cual se consiguen ángulos muy superiores (figura 13C). Si a pesar de esto no se llegase al ángulo mínimo para evitar el deslizamiento se deberán adoptar disposiciones como las de la figura 13D y figura 13E (contrapolea) aunque acorten notablemente la vida de los cables.

Figura 13. Ángulo  $\alpha$  del arco de contacto de cables y poleas de arrastre.



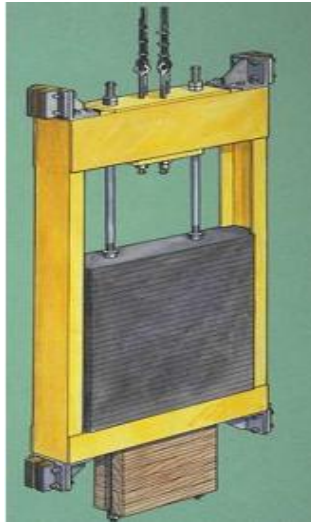
Fuente: LASHERAS ESTEBAN, José María. Ascensores y Escaleras Mecánicas.  
Ediciones Montesco, Barcelona, España. 1980.

**Contrapeso.** El contrapeso tiene como misión equilibrar el peso de la cabina y generalmente de un 40 a un 50 por ciento de la carga. De esta forma, se reduce notablemente el peso que debe arrastrar el grupo tractor, reduciéndose la potencia necesaria y energía consumida casi a la cuarta parte.

Los contrapesos están constituidos por bloques de fundición o de hormigón (figura 14). En cualquier caso los bloques deben estar unidos por un bastidor o como mínimo por dos tirantes de acero. Las uniones del bastidor estarán soldadas, remachadas o fijadas con pernos múltiples con pasadores en las tuercas.



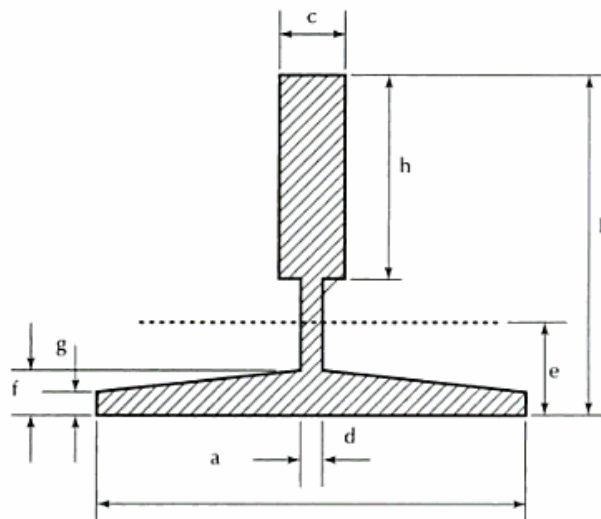
Figura 14. Contrapeso



Fuente: [http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/10846/3/PFC\\_1.pdf](http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/10846/3/PFC_1.pdf)

**Rieles guías.** El desplazamiento de la cabina se asegura por medio de guías rígidas, preferiblemente en forma de T (figura 15), y perfectamente calibradas y enderezadas, en tramos empalmados con placas adecuadas.

Figura 15. Guías de ascensor



Fuente: LASHERAS ESTEBAN, José María. Ascensores y Escaleras Mecánicas.  
Ediciones Montesco, Barcelona, España. 1980.

En la siguiente tabla se muestran las cotas y características de las guías en forma de T.

Tabla 3. Cotas y características de guías de ascensor

COTAS									
TIPO	a mm	b mm ±0,1	c mm ±0,05	d mm	f mm	g mm	h mm	Sección cm <sup>2</sup>	Peso Kg/m
I-70/9	70	65	9	6	8	6	34	9,37	7,30
I-90/16	90	75	16	8	10	8	42	16,90	13,25
CARACTERÍSTICAS									
TIPO	Sección cm <sup>2</sup>	Peso Kg/m	e cm	Momentos de inercia cm <sup>4</sup>		Módulos de resistencia de la sección cm <sup>3</sup>		Radio de giro cm	
				Ix	Iy	Wx	Wy	Ix	Iy
I-70/9	9,37	7,30	1,95	41,02	19,10	9,20	5,41	2,08	1,42
I-90/16	16,90	13,00	2,65	102,10	57,75	21,22	12,80	2,45	1,83

Fuente: LASHERAS ESTEBAN, José María. Ascensores y Escaleras Mecánicas.

Ediciones Montesco, Barcelona, España. 1980.

Las guías de sección circular no son de ninguna manera aconsejables, pues el agarre de las zapatas de los paracaídas tiene lugar a lo largo de dos generatrices del cilindro de las guías con muy poca superficie de contacto. En cambio utilizando guías en T, las superficies de contacto son las dos caras de cada guía.

La sección de las guías deberá ser la suficiente para soportar, con un coeficiente de seguridad igual o mayor que 10, el esfuerzo de frenado de la cabina al ser detenida por el paracaídas.

Deberán además resistir sin deformarse más de 3mm los empujes horizontales que les produzcan las excentricidades de la carga de la cabina.

**Amortiguadores** Los ascensores deben estar provistos de amortiguadores, para detener la cabina o el contrapeso en caso necesario. Los amortiguadores se sitúan generalmente en el foso al final del recorrido de la cabina o del contrapeso. Pero también pueden montarse en la parte inferior del bastidor de la cabina o del contrapeso.

Los amortiguadores pueden ser de tres clases:

- a) *Elásticos (de caucho)*. Se pueden utilizar cuando la velocidad de la cabina no sobrepase los 0,60 m/s. Estos están formados por un cilindro de caucho.
- b) *De resorte*. Se pueden utilizar cuando la velocidad de la cabina no sobrepase los 1,75 m/s. Son los que más se utilizan, están formados por un alambre o barra de acero de sección circular, arrollada en forma helicoidal.
- c) *Hidráulicos*. Se pueden utilizar en cualquier caso. Están formados por un émbolo hueco ajustado a un cilindro que forma el cuerpo del amortiguador. El cilindro contiene un aceite especial, que al bajar el émbolo presionado por una carga exterior, va entrando en su interior a través de unos orificios, de sección regulable. De la sección total de los orificios depende la velocidad con que bajará el émbolo.

Un muelle que se comprime al bajar el émbolo se encarga de reponerlo a su posición inicial, una vez que cese la fuerza que lo presiona.

La Norma EN 81-1, distingue tres clases de amortiguadores:

- a) *Amortiguadores de acumulación de energía*, que no pueden emplearse más que para ascensores de velocidad nominal no superior a 1 m/s.
- b) *Amortiguadores de acumulación de energía, con amortiguación del movimiento de retorno*, para ascensores de velocidades no superior a 1,6 m/s.
- c) *Amortiguadores a disipación de energía*, que pueden ser empleados en ascensores de cualquier velocidad.

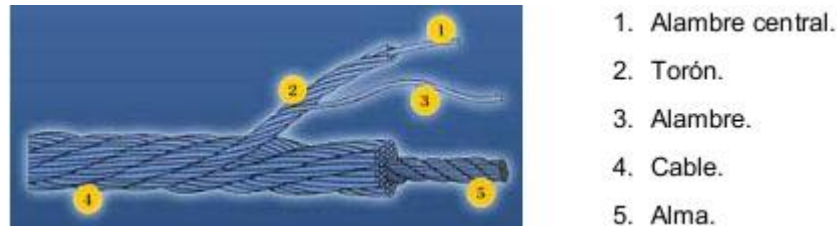
Figura 16. Amortiguador elástico, de resorte, e hidráulico.



Fuente: [http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/10846/3/PFC\\_1.pdf](http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/10846/3/PFC_1.pdf)

**Cables de suspensión.** Los cables utilizados en los aparatos elevadores están formados de alambres de acero (figura 17), pero en lugar de arrollarse todos entre sí, se enrollan en grupos, formando lo que se denomina cordones, que a su vez se enrollan sobre un alma generalmente de fibra vegetal, impregnada fuertemente de una grasa especial, que asegura el engrase del cable durante mucho tiempo.

Figura 17. Partes de un cable



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/70508645/Cables>

Las características que definen los cables de suspensión de los aparatos elevadores son, el material, el tipo de arrollamiento de los alambres, la composición de los cordones, y el arrollamiento de los cordones sobre el alma.

Su carga de rotura a la tracción debe estar comprendida entre  $120 \text{ Kg/mm}^2$  y  $180 \text{ Kg/mm}^2$ .

El diámetro mínimo de los cables de suspensión debe ser de 8 mm para los ascensores y 6 mm para los montacargas.

El número de cables a emplear será como mínimo dos con la tracción por adherencia.

Excepcionalmente puede emplearse un solo cable en los montacargas, cuyo peso más carga sea igual o menor que 100 Kg.

En la tracción por tambor el número mínimo de cables será dos para la suspensión de la cabina y también dos para el contrapeso.

**Coeficiente de seguridad a la rotura de los cables.** El coeficiente a la rotura K, de los cables de suspensión de los aparatos elevadores se calcula dividiendo la carga total de rotura de los cables por la carga total estática máxima suspendida.

La carga total de rotura de los cables, se calcula multiplicando la carga de rotura total de un cable R, por el número de éstos.

La carga estática suspendida se calcula, sumando el peso de la cabina P, la carga máxima autorizada Q, y el peso de los cables en la longitud del recorrido  $P_c$  y el de las cadenas o cables de compensación si las hubiera  $P_a$ , resulta por lo tanto:

$$K = \frac{R \cdot n}{Q + P + P_c + P_a} \quad (3)$$

En los ascensores, el coeficiente de seguridad K debe ser como mínimo 12 para suspensiones de 3 ó más cables, y 16 para suspensiones de 2 cables. (LASHERAS ESTEBAN, 1980 págs. 61, 62, 78- 81, 129, 130, 172-174, 180-181 )

También Joseph E. Shigley en su libro de Diseño en Ingeniería Mecánica menciona que un cable de alambre puede fallar si la carga estática excede la resistencia última del cable. Una falla de esta naturaleza generalmente no es culpa del diseñador, sino más bien del operario, al permitir que el cable sea sometido a cargas para las cuales no fue diseñado.

La primera condición efectuada al seleccionar un cable metálico es la de determinar la carga estática, por lo tanto en una operación de tipo medio utilícese un factor de seguridad de 5. Factores de seguridad hasta de 8 o 9 se emplean cuando existe peligro para la vida humana y en el caso de situaciones muy críticas. La tabla 4 contiene factores de seguridad mínimos para una diversidad de situaciones de diseño. (SHIGLEY, 1985)

Tabla 4. Factores de seguridad mínimos para cables metálicos

Cables de vía	3.2	Ascensores, pie/min	
Cables de retenida	3.5	50	7.60
Para pozos de mina, pies:		300	9.20
Hasta 500	8.0	800	11.25
1000 – 2000	7.0	1200	11.80
2000 – 3000	6.0	1500	11.90
Más de 3000	5.0		
De elevación o izaje	5.0	Montacargas industriales, pie/min	
De arrastre	6.0	50	6.65
Grúas y cabrias	6.0	300	8.20
Montacargas eléctricos	7.0	800	10.00
Elevadores manuales	5.0	1200	10.50
Ascensores privados	7.5	1500	10.55
Montaplatos manuales	4.5		
Silos de granos	7.5	Montaplatos de potencia, pie/min	
		50	4.8
		300	6.6
		500	8.0

Fuente: SHIGLEY, Joseph E. Diseño en Ingeniería Mecánica.

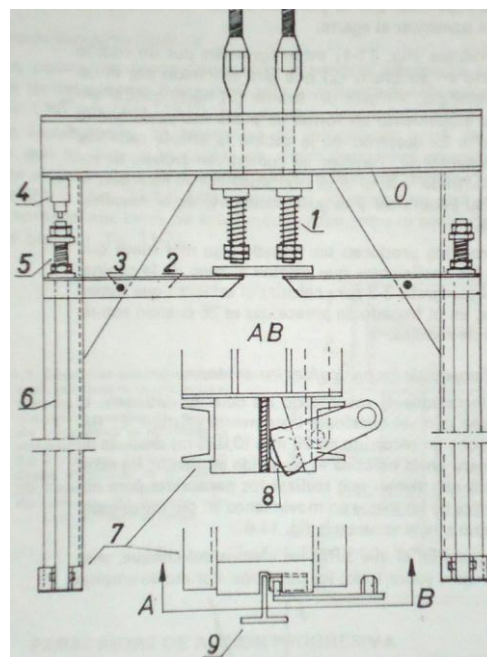
**Maniobras de control.** El control de los sistemas de ascensores funciona mediante sistemas electrónicos, (Sigweb pág. 3) que comandan y controlan todo el funcionamiento de un ascensor. (Abaq)

**Dispositivos de seguridad.** Los dispositivos de seguridad que actúan en caso de falla o rotura de algunos elementos funcionales son:

**Paracaídas de rotura o desequilibrio de cables.** Solo se permiten para contrapesos de ascensores de velocidades inferiores a 1,5 m/s y de montacargas de velocidad inferior a 2,50 m/s, es un mecanismo que se instala en el bastidor del contrapeso, capaz de detenerlo en plena carga, en su descenso, acuñado sobre guías, en caso de rotura, aflojamiento o desequilibrio de los cables de suspensión.

Están constituidos fundamentalmente por un juego de palancas que liga el amarre de los cables, con las zapatas de acuñamiento como lo indica la figura 18.

Figura 18. Paracaídas de rotura o desequilibrio de los cables



Fuente: (LASHERAS ESTEBAN, 1980)

Mientras el contrapeso, está suspendido, su propio peso mantiene comprimidos los resortes del amarre (1). Pero en cuanto se rompen o desequilibran los cables, las piezas del amarre empujadas por los muelles, empujan a la vez las palancas (2) y las hacen girar alrededor del eje (3) subiendo los tirantes (6) que tiran de las zapatas (7),

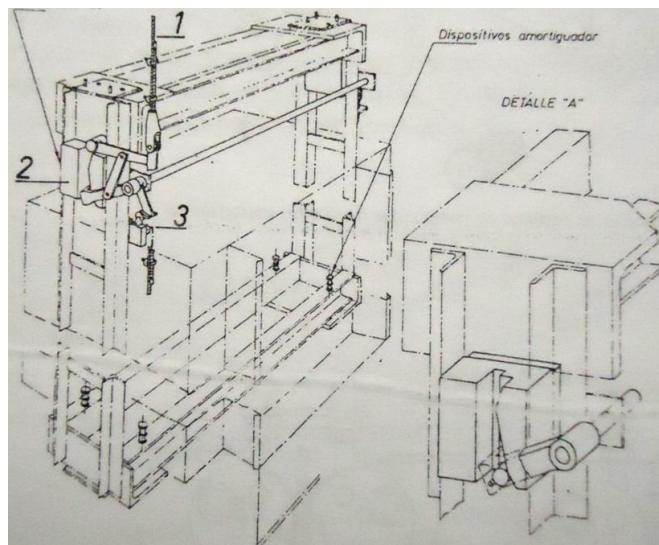
cuyos rodillos (8) se acuñan sobre la guía (9). Al mismo tiempo al subir (6) se habrá abierto el interruptor (4) y cortada la maniobra.

**Paracaídas de aceleración.** Actúa en caso de que la velocidad de la cabina exceda de la normal, a partir de un porcentaje prefijado, cualquiera que sea la causa de la aceleración: rotura de cables, rotura del grupo tractor, etc. El mecanismo del paracaídas es accionado por el cable de un aparato denominado *limitador de velocidad*.

Se construyen dos tipos de paracaídas de aceleración: los paracaídas de acción instantánea (para ascensores de velocidades hasta 0,80 m/s), los paracaídas de acción progresiva (ascensores de cualquier velocidad).

- *Los paracaídas de acción instantánea.* En los paracaídas de acción instantánea, el cable limitador de velocidad (1), no hace más que tirar de la timonería que acciona las zapatas, que al deslizarse sobre el plano inclinado en que están instaladas, se acercan, presionan y se agarran cada vez con más fuerza sobre las guías, hasta llegar a producir el acuñamiento (2) del bastidor de la cabina o del contrapeso. Por lo tanto el tirón del cable del limitador es como el disparo que pone en marcha el dispositivo, pues la detención de la cabina o el contrapeso lo produce el acuñamiento de las zapatas sobre las guías.

Figura 19. Paracaídas de acción instantánea

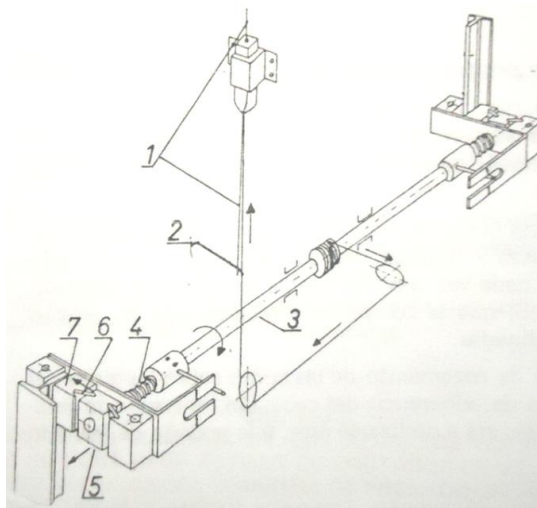


Fuente: LASHERAS ESTEBAN, José María. Ascensores y Escaleras Mecánicas.  
Ediciones Montesco, Barcelona, España. 1980.

- *Los paracaídas de acción progresiva.* Los paracaídas de acción progresiva frenan la cabina aplicando con una fuerza de magnitud controlada, las zapatas de freno del paracaídas sobre las guías.

En los paracaídas de husillo el esfuerzo de frenado se origina en el tiro que realiza el cable del limitador de velocidad, al quedar este bloqueado y seguir descendiendo la cabina. El cable entonces hace girar la barra (3) que desenrosca el husillo (4), en el bloque (5) lo que produce el desplazamiento axial y el empuje de las piezas (6) sobre las zapatas (7) y éstas sobre las guías.

Figura 20. Paracaídas de acción progresiva



Fuente: LASHERAS ESTEBAN, José María. Ascensores y Escaleras Mecánicas.  
Ediciones Montesco, Barcelona, España. 1980.

**Limitador de velocidad.** Actúa en caso de que la velocidad exceda de la normal. El limitador de velocidad es un aparato instalado generalmente en el cuarto de máquinas, provisto de una polea acanalada entre la cual y otra polea igual que actúa de tensora en el foso del recinto, se mueve un cable de acero unido por uno de sus ramales al paracaídas de la cabina.

Mientras la cabina se desplaza a su velocidad nominal, el cable del limitador se desplaza con ella. Pero en cuanto, por rotura de los cables de suspensión o por otra causa, la cabina empieza a descender con movimiento acelerado, al llegar a adquirir una velocidad prefijada, se bloquea la polea del limitador y con ella el cable, dando un

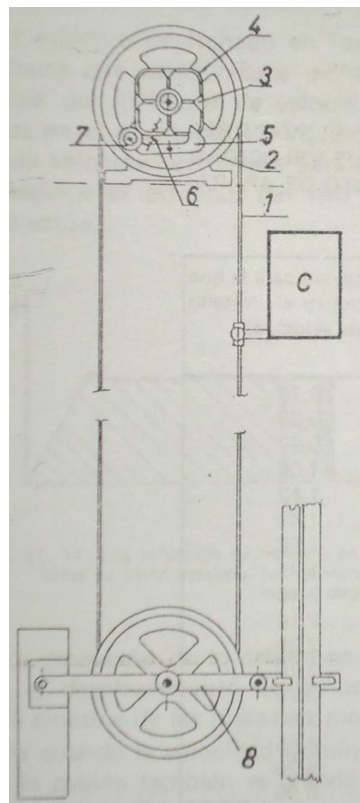


tirón a la palanca del paracaídas al que va fijado, y accionando así el mecanismo que apretará las zapatas sobre las guías y detendrá la cabina.

Los limitadores de velocidad más empleados son los oscilantes y los centrífugos.

En el *limitador de velocidad oscilante* al desplazarse el cable (1), hace girar la polea acanalada (2), y la rueda cuadrada (4) unida a ella, produciendo la oscilación del gatillo (5), que se apoya en ella por su roldana (7) obligado por el resorte (6). Mientras el ascensor se desplaza con la velocidad nominal, el gatillo va siguiendo el perfil de la rueda (4). Pero en cuanto se acelera, no puede seguir la oscilación, y antes de que se aleje su pico (5) lo suficiente de la rueda (4), se queda enganchado en el resalte (3) bloqueando el movimiento de la rueda cuadrada, y por consiguiente el de la polea (2) y el cable (1). Y como la cabina seguirá descendiendo y el cable sigue inmóvil, producirá el tirón de la timonería del paracaídas y el frenado inmediato de la cabina.

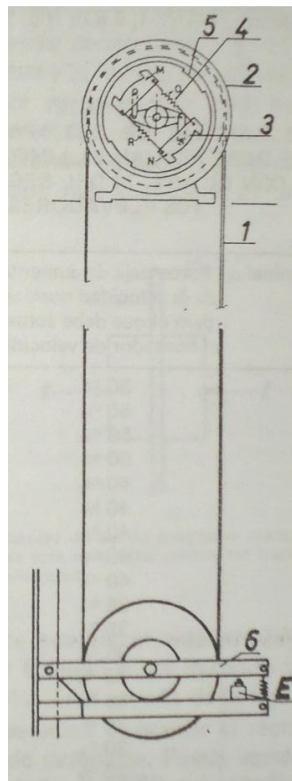
Figura 21. Limitador de velocidad oscilante



Fuente: LASHERAS ESTEBAN, José María. Ascensores y Escaleras Mecánicas.  
Ediciones Montesco, Barcelona, España. 1980.

En el *limitador de velocidad centrífugo* de la figura, al girar con excesiva velocidad la polea (2) arrastrada por el cable (1) unido a la cabina, se produce la separación por la fuerza centrífuga de los contrapesos (3) hasta llegar a engatillarse con el resalte (5) del bastidor del limitador, produciendo el inmediato bloqueo de la polea (2) unida a los contrapesos, y el cable (1), que lo mismo que antes, tirará de la timonería del paracaídas provocando su actuación.

Figura 22. Limitador de velocidad centrífugo



Fuente: LASHERAS ESTEBAN, José María. Ascensores y Escaleras Mecánicas.

Ediciones Montesco, Barcelona, España. 1980.

**Finales de carrera.** Los interruptores denominados finales de carrera, tienen por objeto detener el ascensor, cuando por algún defecto en el funcionamiento de las últimas paradas superior o inferior de su recorrido el ascensor no se detiene.

Estos interruptores deben ser siempre mecánicos y su accionamiento debe obligar a la separación de sus contactos aún por arrancamiento, si accidentalmente se hubieran soldado.

Figura 23. Final de carrera

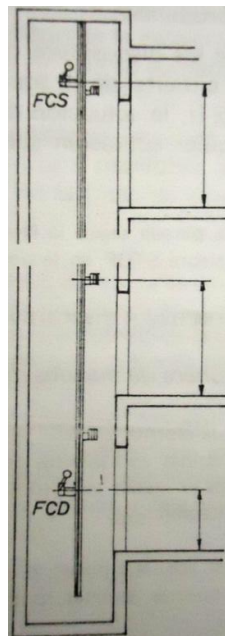


Fuente: <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/10846/2/Mem%C3%B2ria.pdf>

Se instalan en las guías a continuación de los dispositivos que provocan las paradas de la cabina en los extremos más alto y más bajo de su recorrido (Figura 24).

Generalmente están accionados por una pequeña palanca con una roldana en su extremo libre, sobre la que actúa el resbalón o patín de instalado en la cabina, abriendo, al moverse la palanca, dos contactos intercalados en el circuito de alimentación de la maniobra, que al quedar cortada, detiene el ascensor.

Figura 24. Situación aproximada de los interruptores de finales de carrera.

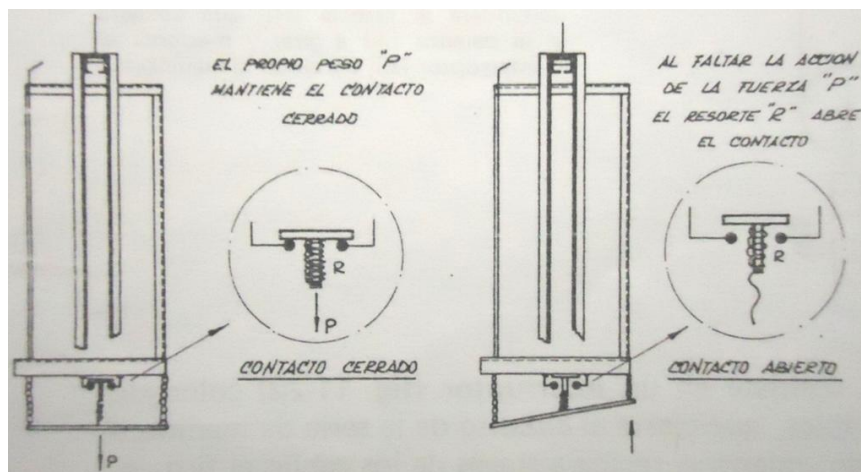


Fuente: LASHERAS ESTEBAN, José María. Ascensores y Escaleras Mecánicas.  
Ediciones Montesco, Barcelona, España. 1980.

La colocación de los finales de carrera en las guías, debe regularse, para que actúen, cuando la cabina haya alcanzado una zona comprendida entre 8cm (0,08m) y 16cm (0,16m) más allá del nivel del extremo servido.

**Salvavidas.** Cuando el recinto de los aparatos elevadores, no sea, por alguna razón excepcional, totalmente cerrado, deberán estar provistas sus cabinas de un salvavidas, que cubra toda su parte inferior, y que produzca una parada inmediata al tropezar con cualquier obstáculo en su descenso, con una presión de 4 kg o más. El salvavidas está formado por un bastidor del mismo perímetro exterior que el de la sección transversal de la cabina, que cuelga en posición horizontal del fondo de este por cinco cadenas, cuatro de ellas perimetrales y la quinta central que cuelga a través de un interruptor normalmente cerrado. Al tropezar con un obstáculo y no gravitar sobre el interruptor el peso del bastidor, se abre el circuito de la serie de la maniobra, en que va intercalado, y se detiene inmediatamente la cabina.

Figura 25. Salvavidas

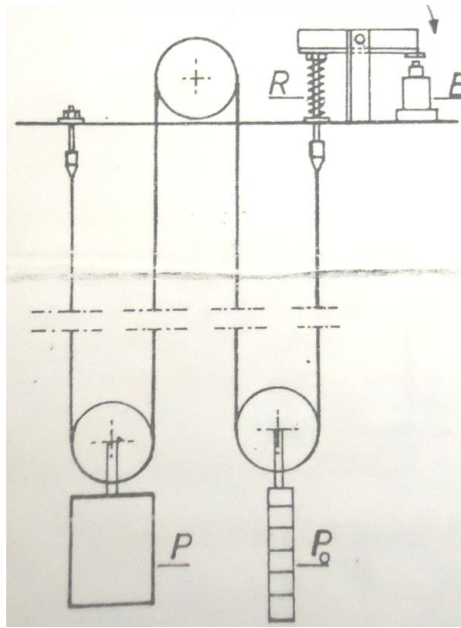


Fuente: LASHERAS ESTEBAN, José María. Ascensores y Escaleras Mecánicas.  
Ediciones Montesco, Barcelona, España. 1980.

**Dispositivo de seguridad contra el aflojamiento de cables.** Actúan cuando se aflojan los cables en los ascensores.

Los aparatos elevadores con tambor de arrollamiento, deberán llevar un dispositivo de seguridad, para que actúe, en caso de que por haber encontrado la cabina o el contrapeso, algún obstáculo en su descenso y siga el grupo tractor en marcha, se produzca el aflojamiento de los cables.

Figura 26. Dispositivo eléctrico de seguridad contra el aflojamiento de los cables.



Fuente: LASHERAS ESTEBAN, José María. Ascensores y Escaleras Mecánicas.  
Ediciones Montesco, Barcelona, España. 1980.

Este dispositivo consiste en un interruptor (figura 26) colocado en el amarre de los cables, que cierra el circuito de la serie de maniobra en que está intercalado, mientras recibe a través de los cables el tiro correspondiente al peso de la cabina o del contrapeso.

En cuanto por cualquier causa, se produce el aflojamiento de los cables de suspensión, se abre el interruptor, y se corta la serie general de la maniobra, deteniendo el grupo tractor inmediatamente.

**Dispositivos de parada de emergencia.** Permiten la parada del ascensor dejando sin efecto los mandos de cabina y pisos.

**Timbre de alarma.** Lo activan los pasajeros, cuando se detiene la cabina por avería o falta de suministro eléctrico.

**Luz de emergencia.** Actúa cuando se apaga el alumbrado normal de la cabina, por avería o falta de suministro eléctrico. (LASHERAS ESTEBAN, 1980 págs. 223-231, 236-238, 242-245)

### **2.3 Consideraciones para la selección adecuada de los diferentes mecanismos y conjunto estructural del ascensor a construir.**

**Grupo tractor a considerar.** De preferencia se toma en cuenta un conjunto en el cual esté conformado por las siguientes partes:

- Motor eléctrico de las características necesarias para cumplir con el diseño.
- Reductor de velocidad y Freno

Este conjunto debe ser capaz de vencer el torque requerido en función de una carga nominal.

**Conjunto de elevación.** Existen varias opciones entre ellos:

- Sistema de contrapeso
- Sistema de arrollamiento
- Sistema hidráulico

Se toma en cuenta el uso del tambor de arrollamiento, debido a las condiciones de espacio físico donde se va a instalar el ascensor.

**Elementos que constituyen el sistema de elevación:**

- Cables
- Poleas

Los cables de acero con alma de yute son considerados de mayor uso en el mercado, debido a que presentan una gran flexibilidad.

**Elementos para control de velocidad.** En un elevador es de vital importancia considerar los elementos de seguridad que se relacionan directamente con la velocidad de recorrido de la cabina; entre estos tenemos:

- Limitador de velocidad (Gobernador)
- Paracaídas
- Amortiguadores
- Salvavidas
- Dispositivo de seguridad contra el aflojamiento de los cables

**Consideración para la estructura del pozo.** Como base para la estructura metálica de un pozo se debe elaborar una correcta cimentación, la cual debe estar diseñada

para soportar todo el peso de la estructura misma y los diferentes mecanismos que conforman el ascensor. La estructura metálica para elaborar un pozo debe estar bajo normas, una de ellas a considerar es la AISC/ASD 360.

## CAPÍTULO III

### 3. PARÁMETROS FUNCIONALES

#### 3.1 Especificaciones para el diseño del elevador

Para el diseño del elevador se requiere los parámetros mínimos para el buen desempeño del mismo, los mismos que se analizan a continuación.

**3.1.1 Carga.** Para la definición de la carga se toma en cuenta que el elevador va a transportar una persona con movilidad reducida (silla de ruedas) con uno o dos acompañantes.

El peso promedio de una persona es de 75 kg, por lo que se considera como diseño una carga máxima de 400 kg, esto quiere decir que podrá ir una persona con movilidad reducida (silla de ruedas) más uno o dos acompañantes; en el caso que no viajen personas con movilidad reducida la capacidad de carga será de cuatro personas, con una carga de 100 Kg adicionales, con un área útil de cabina de  $1,20 \text{ m}^2$  ( $1\text{m} \times 1,20\text{m}$ ), lo que da  $0,22 \text{ m}^2$  por pasajero, lo cual está en el rango de  $0,19 \text{ m}^2$  a  $0,24 \text{ m}^2$  como lo establece la norma ecuatoriana de construcción.

**3.1.2 Altura.** La altura que debe recorrer el elevador es de 3m medido desde la planta baja hasta el primer piso.

**3.1.3 Área máxima que puede ocupar el elevador.** En base a los datos presentados en el acápite anterior, hemos tomado las dimensiones mínimas de la cabina que son 1200 mm de fondo y 1000 mm de ancho de acuerdo con la norma NTE INEN 2 299.

Las dimensiones del vano de la puerta de la cabina son de 800 mm de ancho y 2000 mm de alto, se adoptan estas medidas debido a que existe como restricción la oficina que se encuentra en el primer piso del edificio de la Facultad de Mecánica y además se quiere aprovechar los ventanales que existen en la parte donde se va a implementar el elevador como se puede observar en la figura 27.

Por lo tanto las medidas del pozo para elevador tienen un área máxima de 1700mm de ancho y 1600 mm de fondo.



Figura 27. Área donde se va a implementar el elevador



Fuente: Autores

### **3.2 Generación de alternativas de diseño y selección**

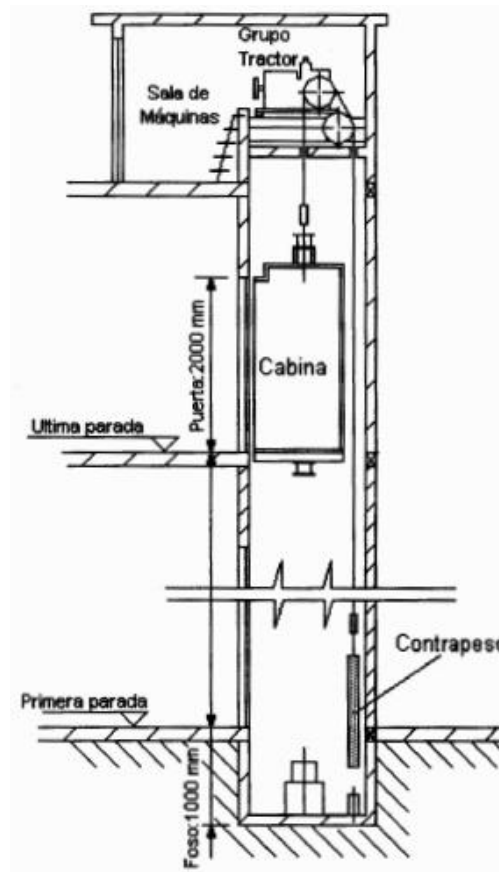
Para el diseño y construcción del elevador se analizan tres sistemas de elevación los mismos que serán evaluados para obtener la mejor alternativa de solución a esto se le denomina matriz morfológica.

**3.2.1 Sistema por adherencia.** Los sistemas por adherencia transmiten la potencia mecánica del grupo tractor a los cables de acero por medio de la fricción de la polea motriz, la cual centra el circuito que conecta por un lado la cabina y su carga neta, y por otro el contrapeso, cuya masa está definida por el peso propio de la cabina más el 50% de la carga útil.

Es el más sencillo de los sistemas de elevación, siendo posible efectuar su instalación sin ninguna restricción de altura, a diferencia de los otros sistemas en los que a partir de cierto recorrido las dimensiones de sus elementos mecánicos se vuelven exageradas.

Su instalación requiere reservar un 30% del área del ducto a la instalación del contrapeso, por lo cual el área útil total de la cabina será siempre menor comparada con las otras instalaciones.

Figura 28. Sistema de adherencia de elevador (Contrapeso)



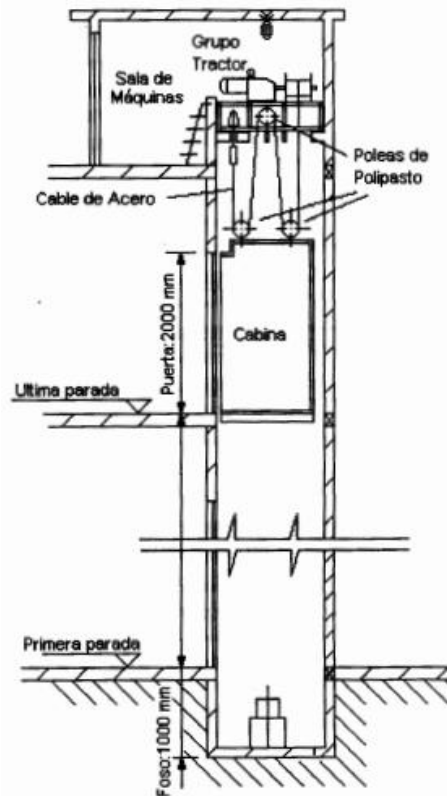
Fuente: (NAVARRO GONZALES, 2001)

**3.2.2 Sistema de enrollamiento de cable.** Consiste básicamente de un grupo tractor acoplado a un tambor, alrededor del cual se enrolla un cable de acero que directamente, o mediante un mecanismo de polipasto, desplaza a la cabina, sea para arriba enrollando el cable, o para abajo, desenrollándolo.

El sistema de enrollamiento de cable es válido para instalaciones de una altura de hasta 30 metros, a partir de la cual las dimensiones del tambor y la longitud del cable alcanzan valores desproporcionados.

El rendimiento mecánico de este sistema es muy alto, del orden del 80%, favoreciendo su instalación para elevadores de mediana y grandes cargas. Por otra parte, permite dimensionar la cabina a las máximas medidas que permita el pozo.

Figura 29. Sistema de elevación por enrollamiento



Fuente: (NAVARRO GONZALES, 2001)

**3.2.3 Sistema hidráulico.** Consiste de un motor, bomba, bloque de válvulas y depósito de aceite, que actúa por presión sobre un vástago, el cual eleva la cabina.

Puede actuar directa o indirectamente; en cuyo caso actúa combinado con cables o cadenas. De igual manera, el vástago puede ser simple o estar compuesto por tramos teniéndose en este caso un sistema telescópico.

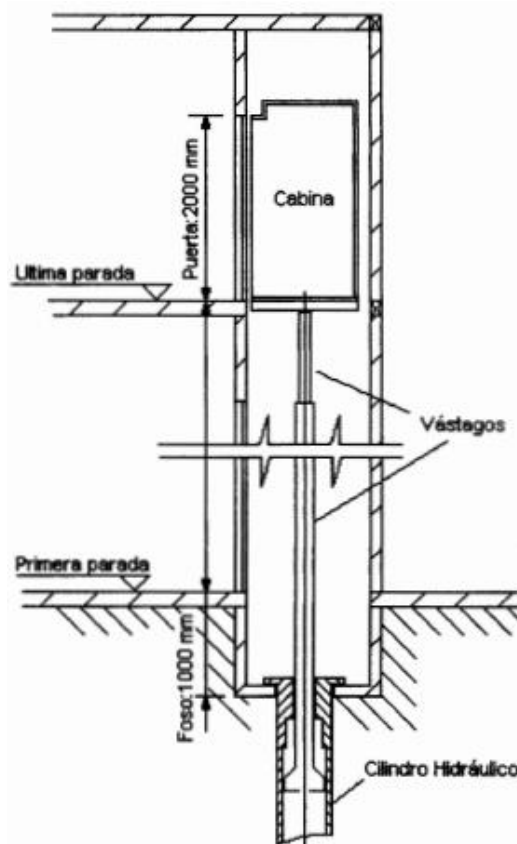
Los elevadores hidráulicos de acción directa son los que reúnen todas las ventajas de la impulsión hidráulica. Tienen el inconveniente de que no alcanzan grandes recorridos, ni velocidades comparables con la de los ascensores de los otros sistemas, salvo que utilicen vástagos telescópicos, lo que los encarece mucho.

En la acción indirecta, los ascensores hidráulicos transmiten el impulso del vástago a la cabina por medio de cables semejantes a los utilizados en los otros sistemas de elevación, o por medio de cadenas de rodillos. Este tipo de disposición permite mayores recorridos y velocidades de elevación, sin aumentar excesivamente la longitud de los vástagos.

La transmisión diferencial consiste en que el vástago o pistón empuja una polea y ésta a los cables o cadena, uno de cuyos extremos está fijado a la estructura del edificio y el otro extremo va unido al bastidor de la cabina. Así se consigue que el recorrido y la velocidad del conjunto polea-vástago sean duplicados por la cabina.

De igual manera que en el sistema de enrollamiento, la no presencia de un contrapeso permite dimensionar la cabina a las máximas medidas que permite el pozo. (NAVARRO GONZALES, 2001 págs. 5-10)

Figura 30. Sistema hidráulico disposición de cilindro y vástagos.



Fuente: (NAVARRO GONZALES, 2001)

### 3.3 Evaluación de resultados de la mejor alternativa

Se procede a evaluar las alternativas de solución planteadas con el fin de reducir las opciones de solución a un solo concepto más completo del producto, los cuales se evaluarán para llegar a la alternativa de solución más idónea.

Para evaluar las alternativas de solución se realizarán matrices de puntuación, a las cuales se les otorgará un puntaje y criterio de evaluación.

En la matriz de puntuación, la puntuación de concepto está definida por la suma ponderada de las calificaciones, por lo tanto cada criterio de evaluación tiene un porcentaje de incidencia sobre el resultado final. La puntuación otorgada en la matriz de puntuación es:

Tabla 5. Desempeño relativo para la matriz de puntuación

<b>Desempeño</b>	<b>Calificación</b>
Mucho peor que la referencia	1
Peor que la referencia	2
Igual que la referencia	3
Mejor que la referencia	4
Mucho mejor que la referencia	5

Fuente: ULRICH, Karl. Diseño y desarrollo de productos. 4ed. México: Mc Graw Hill, 2004

Tabla 6. Criterios de evaluación para la matriz de puntuación

<b>Criterios de evaluación</b>	<b>% de Incidencia</b>
1. Adaptabilidad	10%
2. Operación y proceso	15%
3. Seguridad	30%
4. Mantenimiento	10%
5. Durabilidad	15%
6. Ruido y vibraciones	5%
7. Costo	15%

Fuente: Autores

A continuación se describen las matrices de puntuación para cada función.

Tabla 7. Calificación para la selección de alternativas

Función: Sistema de elevación		Conceptos					
		A: Contrapeso (Referencia)		B: Tambor de enrollamiento		C: Sistema hidráulico	
Criterios de selección	Peso	Calificación	Puntuación ponderada	Calificación	Puntuación ponderada	Calificación	Puntuación ponderada
Adaptabilidad	10%	3	0.3	3	0.3	3	0.3
Operación y proceso	15%	3	0.45	3	0.45	2	0.3
Seguridad	30%	3	0.9	3	0.9	2	0.6
Mantenimiento	15%	3	0.45	4	0.6	2	0.3
Durabilidad	15%	3	0.45	4	0.6	2	0.3
Ruido y vibraciones	5%	3	0.15	3	0.15	3	0.15
Costo	10%	3	0.3	4	0.4	1	0.10
Puntuación total	100%	3		3.4		2.05	
Rango		2		1		3	
Mejor alternativa		No		Si		No	

Función: Sistema de paracaídas		Conceptos					
		A: Paracaídas instantáneo de cuñas		B: Paracaídas instantáneo de rodillos (Referencia)		C: Paracaídas progresivos	
Criterios de selección	Peso	Calificación	Puntuación ponderada	Calificación	Puntuación ponderada	Calificación	Puntuación ponderada
Adaptabilidad	10%	3	0.3	3	0.3	3	0.3
Operación y proceso	15%	3	0.45	3	0.45	3	0.45
Seguridad	30%	2	0.6	3	0.9	2	0.6
Mantenimiento	15%	3	0.45	3	0.45	2	0.3
Durabilidad	15%	2	0.3	3	0.45	2	0.3
Ruido y vibraciones	5%	3	0.15	3	0.15	3	0.15
Costo	10%	3	0.3	3	0.3	2	0.2
Puntuación total	100%	2.55		3		2.3	
Rango		2		1		3	
Mejor alternativa		No		Si		No	

Función: Puertas de acceso y cabina		Conceptos					
		A: Puertas giratorias o batientes (Referencia)		B: Puertas correderas (automáticas)		C: Puertas de guillotina	
Criterios de selección	Peso	Calificación	Puntuación ponderada	Calificación	Puntuación ponderada	Calificación	Puntuación ponderada
Adaptabilidad	10%	3	0.3	3	0.3	3	0.3
Operación y proceso	15%	3	0.45	4	0.6	2	0.3
Seguridad	30%	3	0.9	3	0.9	3	0.9
Mantenimiento	15%	3	0.45	3	0.45	2	0.3
Durabilidad	15%	3	0.45	4	0.6	2	0.3
Ruido y vibraciones	5%	3	0.15	3	0.15	3	0.15
Costo	10%	3	0.3	2	0.2	2	0.2
Puntuación total	100%	3		3.2		2.45	
Rango		2		1		3	
Mejor alternativa		No		Si		No	

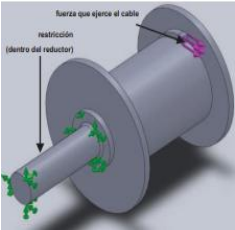
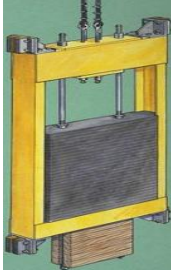
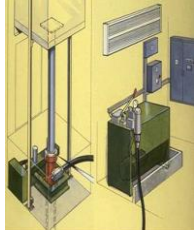
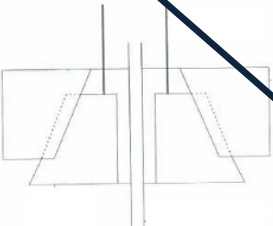
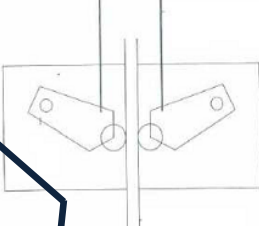



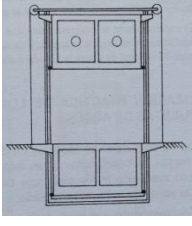
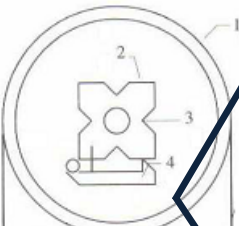
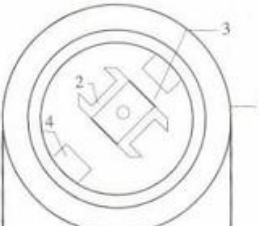


Función: Limitador de velocidad		Conceptos			
		A: Limitador de velocidad oscilante (Referencia)		B: Limitador de velocidad centrífugo	
Criterios de selección	Peso	Calificación	Puntuación ponderada	Calificación	Puntuación ponderada
Adaptabilidad	10%	3	0.3	3	0.3
Operación y proceso	15%	3	0.45	3	0.45
Seguridad	30%	3	0.9	2	0.6
Mantenimiento	15%	3	0.45	3	0.45
Durabilidad	15%	3	0.45	2	0.3
Ruido y vibraciones	5%	3	0.15	3	0.15
Costo	10%	3	0.3	2	0.2
Puntuación total	100%	3		2.45	
Rango		1		2	
Mejor alternativa		Si		No	

Función: Amortiguación		Conceptos					
		A: Amortiguadores elásticos		B: Amortiguadores de resorte (Referencia)		C: Amortiguadores hidráulicos	
Criterios de selección	Peso	Calificación	Puntuación ponderada	Calificación	Puntuación ponderada	Calificación	Puntuación ponderada
Adaptabilidad	10%	3	0.3	3	0.3	3	0.3
Operación y proceso	15%	3	0.45	3	0.45	2	0.3
Seguridad	30%	2	0.6	3	0.9	3	0.9
Mantenimiento	15%	3	0.45	3	0.45	2	0.3
Durabilidad	15%	2	0.3	3	0.45	3	0.45
Ruido y vibraciones	5%	3	0.15	3	0.15	3	0.15
Costo	10%	3	0.3	3	0.3	2	0.2
Puntuación total		2.55		3		2.6	
Rango	100%	3		1		2	
Mejor alternativa		No		Si		No	

Fuente: Autores

Después de evaluar cada una de las alternativas de solución, se genera la ruta de solución, la cual representa una combinación de alternativas que generan un concepto de solución coherente, la misma que se muestra en la matriz morfológica.

Tabla 8. Matriz morfológica

Funciones Parciales	ALTERNATIVAS		
	1	2	3
1. Sistema de elevación	 <p>Tambor de enrollamiento</p>	 <p>Contrapeso</p>	 <p>Sistema hidráulico</p>
2. Sistema paracaídas	 <p>Paracaídas instantáneo de cuñas</p>	 <p>Paracaídas instantáneo de rodillos</p>	 <p>Paracaídas progresivo</p>
3. Puertas de acceso	 <p>Puerta giratoria o batiente</p>	 <p>Puerta automática</p>	 <p>Puerta de guillotina</p>
4. Limitador de velocidad	 <p>Limitador de velocidad oscilante</p>	 <p>Limitador de velocidad centrífugo</p>	
5. Amortiguación	 <p>Amortiguadores elásticos</p>	 <p>Amortiguadores de resorte</p>	 <p>Amortiguadores hidráulicos</p>

Fuente: Autores



La ruta de solución seleccionada es más apropiada que las demás, debido a que en el resto de alternativas la diferencia está en la seguridad que se le puede dar al ascensor y su mayor coste.

## CAPÍTULO IV

### 4. DISEÑO Y SELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS DEL ELEVADOR

#### 4.1 Determinación de la potencia necesaria

Para poner en funcionamiento el elevador la línea eléctrica necesita ser dotada de la potencia necesaria, por lo tanto se debe tener en cuenta la capacidad máxima de elevación que es de 400 Kg, y además se toma en cuenta el peso propio de la cabina del elevador que se considera de 300 Kg, por lo que se tiene una carga total de 700 Kg.

A continuación se describe la siguiente ecuación cuando la maquina prescinde de contrapeso.

$$P = \frac{Q*v}{130} \quad (4)$$

Dónde:

P: Potencia mecánica necesaria HP.

Q: Carga total del elevador en Kg.

v: Velocidad (0.5 m/s). Asumida. (Norma Ecuatoriana de Construcción)

130: Factor de conversión.

La potencia a desarrollarse en el eje de salida del motorreductor es de:

$$P = \frac{700kg * 0.5m/s}{130}$$

$$P = 2.7HP$$

Luego es necesario calcular el torque motriz **Mt**, para lo cual se considera que si una oscilación o vibración está relacionada directamente con una rotación y sus periodos

son iguales, entonces  $n = f$  (número de revoluciones es igual a la frecuencia). (GIECK, 2000)

Por lo tanto el torque  $Mt$ , es el torque que debe desarrollar el grupo tractor para producir la elevación a plena carga.

$$Mt = \frac{P}{n} \quad (5)$$

$$Mt = \frac{2.7HP}{60rpm} = 0.05 \frac{HP}{rpm} = 3153.14 \text{ lbf} - \text{in} = 356.04 \text{ N} - \text{m}$$

El momento de torsión máximo es el momento resistente que equilibra la acción de las cargas sobre el tambor y sobre el eje.

Una vez obtenida la potencia se selecciona un motor que satisfaga dicha potencia, por lo que sería un motor marca SITI tipo 100L1 forma B3, ver anexo A.

De este modo el par resistente en el motor se calcula conociendo la velocidad del eje del motor de 1420 rpm (anexo A).

$$M_{calc.} = \frac{2.7 \text{ HP}}{1420 \text{ rpm}} = 1.9 \times 10^{-3} \frac{\text{HP}}{\text{rpm}} = 13.54 \text{ N} - \text{m}$$

Para que el motor seleccionado sea adecuado a las condiciones de trabajo se debe verificar las siguientes condiciones:

Al realizar la siguiente comparación es necesario considerar un rendimiento mecánico para la potencia calculada este valor será de  $n = 0,90$ .

$$P_{disponible} \geq \frac{P_{calc.}}{n_{mec}} \quad (6)$$

$$M_{Ndisponible} \geq M_{calc.} \quad (7)$$

El motor seleccionado tiene una potencia  $P_{motor} = 2.2kW = 3HP$  y un torque nominal de  $M_{nominal} = 14.90 \text{ N} - \text{m}$  por lo tanto vemos que se cumple las condiciones.

$$P_{motor} = 2.2KW = 3HP \geq P = \frac{2.7HP}{0.90} \cong 3HP$$

$$P_{motor} = 2.2KW = 3HP \geq P = 2.7HP \cong 3HP$$

$$M_{nominal} = 14.90 N - m \geq M_{calc.} = 13.54 N - m$$

Para el cálculo de la reducción basta con calcular la relación entre la velocidad de rotación del motor y la del tambor:

$$i = \frac{W_{tambor}}{W_{motor}} \quad (8)$$

$$i = \frac{W_{tambor}}{W_{motor}} = \frac{\frac{V_{tambor}}{r_{tambor}}}{W_{motor}} = \frac{\frac{0.5m/s}{0.1m}}{\frac{1420 \pi}{30}} = \frac{1}{30}$$

Al tener la relación establecida, se puede seleccionar un motorreductor adecuado para este sistema de tal manera se tiene:

$$i = \frac{1}{30}$$

$$\frac{W_{tambor}}{W_{motor}} = \frac{1}{30}$$

$$W_{tambor} = \frac{1}{30} * 1420 = 47.33 \text{ rpm}$$

Por lo tanto con la velocidad de salida del tambor que es de 47,33 rpm se selecciona del catálogo de reductores (anexo B) un reductor tipo MNHL 60/2, con una velocidad de 49,7 rpm como se pueden observar en el catálogo.

## 4.2 Cálculo y selección del cable, diámetro y longitud del tambor

**4.2.1 Cálculo y selección del cable de elevación.** Para el cálculo y selección del cable se toma en cuenta la carga total o tracción **F<sub>t</sub>**, a que está sometido el mismo y la carga de rotura **Tr**.

$$F_t = F_w + F_r + F_a \quad (9)$$

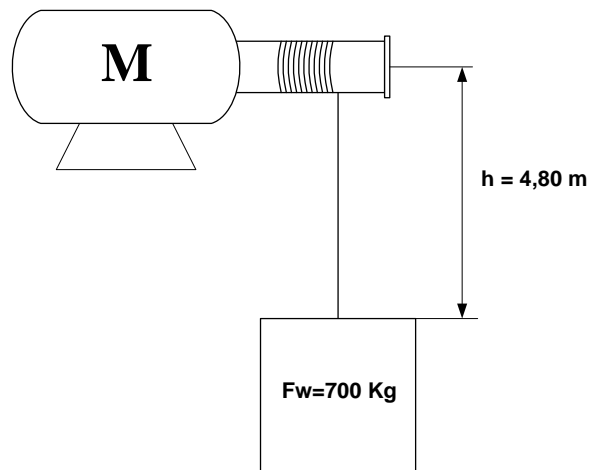
Dónde:

Fw: Peso muerto que soporta (Kgf)

Fr: Peso del cable (Kgf)

Fa: Fuerza debida a la aceleración (Kgf)

Figura 31. Diagrama de cuerpo libre



Fuente: Autores

$$Fw = Wc + Wp \quad (10)$$

Dónde:

Wc: Peso de la cabina

Wp: Peso de la carga

$$Fw = (300 + 400)Kgf = 700Kgf$$

La aceleración que actúa en el elevador es de:

$$a = \frac{v^2}{2 \cdot h} \quad (11)$$

Dónde:

h: Altura que recorre el elevador

$$a = \frac{(0.5 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 4.80 \text{ m}}$$

$$a = 0.026 \text{ m/s}^2$$

La fuerza por aceleración es:

$$Fa = m * a = \frac{Fw}{g} * a \quad (12)$$

$$Fa = \frac{700Kgf}{9.8 \text{ m/s}^2} * 0.026 \text{ m/s}^2$$

$$Fa = 1.857Kgf$$

La carga total sin considerar el peso del cable es:

$$Ft = 700Kgf + 1.857Kgf = 701.857Kgf$$

Para el diámetro del cable, se debe tener en cuenta las condiciones de explotación de la máquina, por lo que se distinguen tres grupos. Según su aplicación, considerando cargas y servicio, se dispone de la siguiente tabla.

Tabla 9. Clasificación de grupos de los cables para máquinas de elevación

Grupo	Aplicación	s	K
I	Cables sometidos a cargas parciales y servicio poco frecuente	6-7	0.32-0.34
II	Cables sometidos a cargas totales y servicio normal	7-8	0.34-0.36
III	Cables sometidos a cargas totales y servicio frecuente	8-10	0.36-0.39

Fuente: N. LARBURU. Máquinas Prontuario, Técnicas Máquinas Herramientas.

El diámetro del cable que garantiza una duración suficiente se calcula por la fórmula:

$$d = k\sqrt{Ft} \quad (13)$$

Para el diámetro del tambor de arrollamiento se utiliza la fórmula:

$$D = s\sqrt{Ft} \quad (14)$$

Dónde:

k: Coeficiente que se dispone según la tabla 9.

s: Coeficiente de seguridad a la rotura de los cables.

Considerando que el cable está sometido a cargas totales y servicio normal se tiene que el diámetro del cable es:

$$d = 0.35\sqrt{701.857}$$
$$d = 9.30mm \approx \frac{3}{8}in$$

Para una tensión máxima ( $Gt$ ) en el cable se considera el rendimiento del ascensor,  $\eta = 0.95$  (por rozamiento). (LARBURU)

$$Gt = \frac{Ft}{\eta} \quad (15)$$

$$Gt = \frac{701.857}{0.95}$$

$$Gt = 738.797Kgf$$

Estimando un servicio un tanto constante y carga parcial, se tiene  $s = 7$  (grupo II) de la tabla 9.

Entonces la carga de rotura será:

$$Tr = s * Gt \quad (16)$$

$$Tr = 7 * 738.797Kgf$$

$$Tr = 5171.579Kgf$$

Con estos datos se selecciona un cable de acero 6 x 19 +1, esto quiere decir que se compone de 6 torones, de 19 alambres por cada torón y un alma de yute, con un diámetro igual a  $\frac{3}{8} in$  (9.525mm), con una resistencia de 180 Kg/mm<sup>2</sup> y una resistencia a la rotura de 5800 Kg. Como se puede apreciar en el anexo C.

El cable de acero de 6 x 19, tiene un peso por metro de 0.30 Kg, debido al uso de dos cables se tiene un  $Fr$  de:

$$Fr = \frac{0.30Kg}{m} * 4.80m * 2$$

$$Fr = 2.88 Kgf$$

En este caso la carga total considerando el peso del cable será:

$$Ft = 700Kgf + 2.88Kgf + 1.857Kgf = 704.737Kgf$$

El diámetro del tambor de arrollamiento es:

$$D = 7\sqrt{704.737}$$

$$D = 200mm$$

De acuerdo con lo descrito en el capítulo dos, en la tabla 4 se muestra un factor de seguridad de acuerdo a la velocidad de 9.20; de igual manera el autor Lasheras en su libro de ascensores y escaleras mecánicas menciona que el factor de seguridad para el cable de acero debe ser como mínimo 16 para suspensiones de dos cables.

De acuerdo a esto el factor de seguridad es:

$$K = \frac{5800Kg * 2}{300Kg + 400Kg + 2.88Kg}$$

$$K = 16.5$$

Por lo tanto el factor de seguridad es aceptable ya que según el libro de ascensores y escaleras mecánicas de Lasheras menciona que el factor de seguridad debe ser mayor a 16.

**4.2.2 Longitud útil del tambor.** La longitud del tambor depende de la altura de elevación de la carga, y el número de cables, por lo tanto la longitud útil se deduce por la relación:



$$L = N_v * d * 2 \quad (17)$$

Dónde el número de vueltas ( $N_v$ ), se obtiene entre la relación de la altura de elevación para el perímetro del tambor, más cinco espiras de pre-enrollamiento.

Lo cual nos da un total de:

$$N_v = \frac{4800mm}{628.32mm} + 5$$

$$N_v = 13$$

Por lo tanto la longitud útil del tambor será:

$$L = 13 * 9.525mm * 2 = 250mm$$

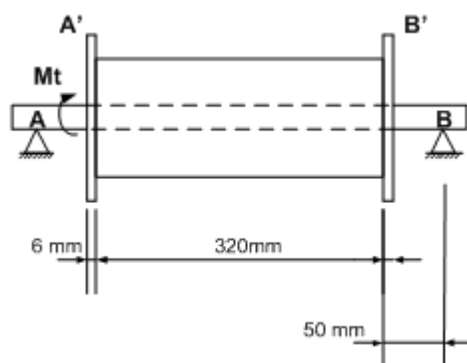
Al tener la longitud útil del tambor, es recomendable añadir un valor de 7cm más a lo calculado, con el fin de evitar desgaste por fricción entre los cables. Recomendado por un asesor externo con experiencia en el área de construcción y mantenimiento de ascensores.

Por lo tanto la longitud total será: 320mm.

#### 4.3 Análisis en el eje del tambor de arrollamiento

El análisis del eje del tambor se efectúa en las condiciones extremas de enrollamiento del cable.

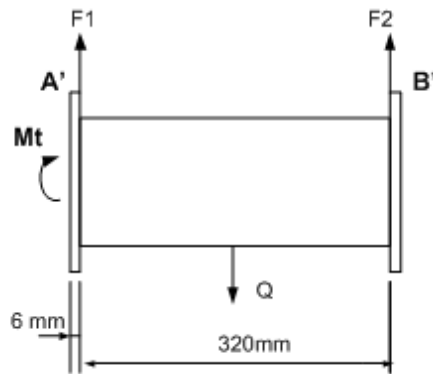
Figura 32. Eje y Tambor



Fuente: (NAVARRO GONZALES, 2001)

Analizando primero las fuerzas transmitidas por la tensión del cable enrollado al cilindro, luego a los discos y de ahí al eje, como se muestra en la figura, por lo que se obtienen el siguiente sistema de ecuaciones.

Figura 33. Diagrama de cuerpo libre del tambor



Fuente: Autores

$$\sum F_y = 0 \quad (18)$$

$$F1 + F2 - Q = 0 \quad (19)$$

$$F1 + F2 = 700 \text{ Kg}$$

$$\sum M_{A'} = 0 \quad (20)$$

$$320F2 - 160Q = 0$$

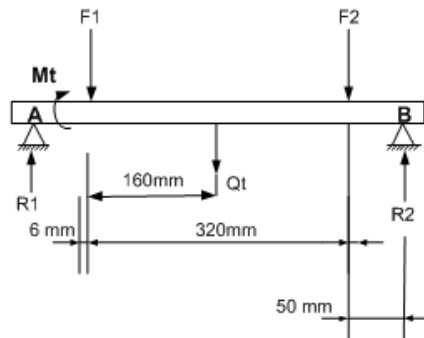
$$F2 = 350 \text{ Kg} = 771,75 \text{ lb}$$

$$F1 = 350 \text{ kg} = 771,75 \text{ lb}$$

Las condiciones extremas se dan cuando el cable al enrollarse, llega a uno de los extremos de la longitud del tambor. Por lo tanto, los valores calculados se invierten si se analiza el cable en el extremo izquierdo del tambor.

Ahora se analizan las fuerzas que actúan sobre el eje, incluido el peso del tambor de arrollamiento.

Figura 34. Diagrama de cuerpo libre del eje



Fuente: Autores

Calculo de Qt:

Qt: Peso del tambor de arrollamiento.

$\delta_{acero} = 0,00786 \text{ kg/cm}^3$ .

Diámetro del tambor = 20cm.

Espesor = 6mm.

Volumen = Área \* Longitud del tambor.

$$V = \frac{\pi(20^2 - 18.8^2) * 32}{4} = 1170,18 \text{ cm}^3$$

$$\delta = \frac{m}{v}$$

$$m = \delta_{acero} * v$$

$$m = (0,00786 \text{ kg/cm}^3) * 1170,18 \text{ cm}^3$$

$$m = 9,19 \text{ kg} = 20,3 \text{ lb}$$

El peso del tambor incluimos en el cálculo del eje.

$$\sum Fy = 0$$

$$R1 + R2 - F1 - F2 - Qt = 0$$

$$R1 + R2 = 700 + 9,19$$

$$R1 + R2 = 709,19 \text{ kg} = 1563,76 \text{ lb}$$

$$\sum M_A = 0$$

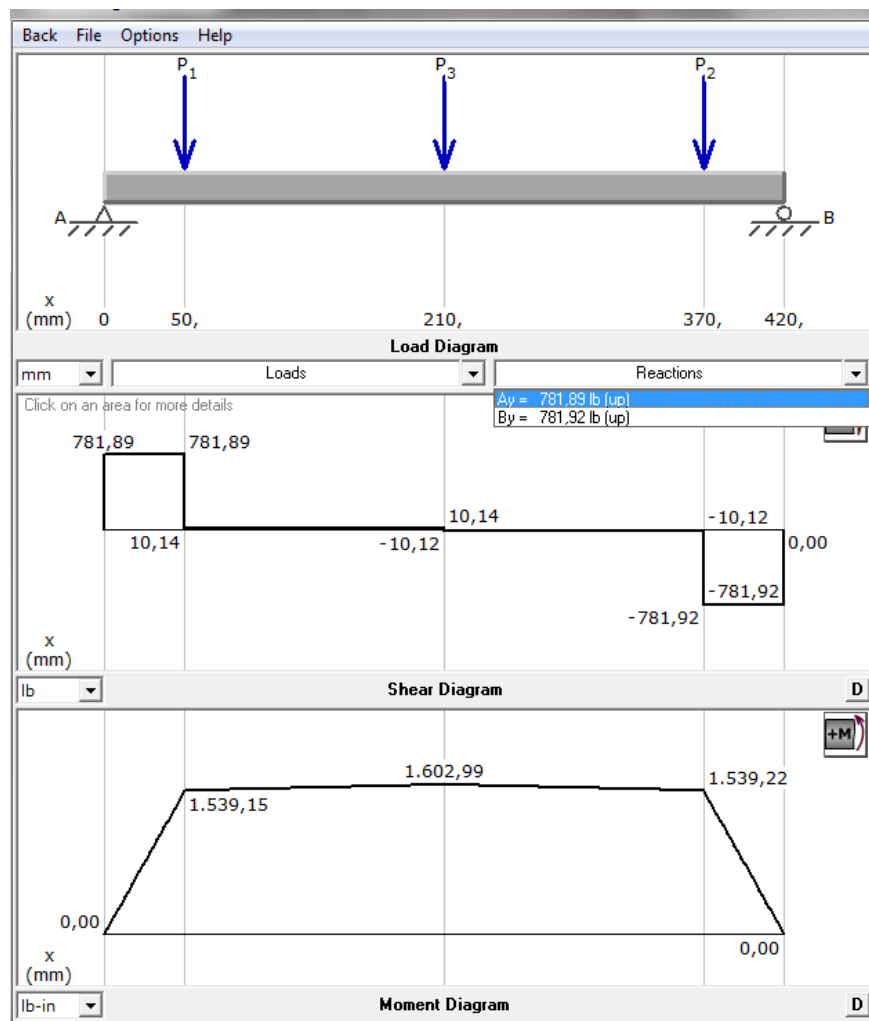
$$370F2 + 210Qt - 420R2 + 50F1 = 0$$

$$R2 = 781,89 \text{ lb}$$

$$R1 = 781,89 \text{ lb}$$

Por lo tanto el momento flector máximo será:

Figura 35. Diagramas de cargas, cortante y momento flector sobre el tambor de enrollamiento



Fuente: Autores

Reacciones en el eje:

$$R2 = 781,89lb$$

$$R1 = 781,89lb$$

Momento Máximo:

$$Mf = 1602,99lb - in$$

**4.3.1 Cálculo del diámetro del eje del tambor.** De acuerdo con el código ASME para ejes macizos con carga pequeña o nula, se aplica la siguiente ecuación:

$$d^3 = \frac{16}{\pi S_s} \sqrt{(K_b M_b)^2 + (K_t M_t)^2} \quad (21)$$

En la cual:

$K_b$  = Factor combinado de choque y fatiga, aplicado al momento flector.

$K_t$  = Factor combinado de choque y fatiga, aplicado al momento de torsión.

<b>Para ejes en rotación:</b>	<b><math>K_b</math></b>	<b><math>K_t</math></b>
Carga aplicada gradualmente	1.5	1.0

De los acápites anteriores

$$M_b = M_f = 1602,99 lb-in$$

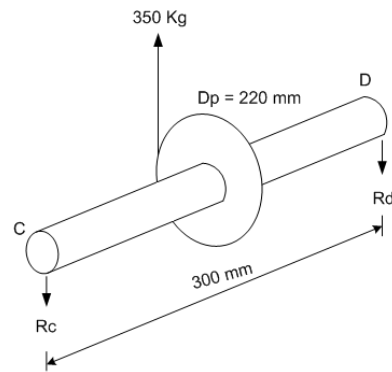
$$M_t = 3153.14 lb-in$$

$S_s$  (permisible) = 6000 psi para ejes con cuñero, tal como lo especifica el código ASME para aceros comerciales de transmisión.

$$d^3 = \frac{16}{\pi * 6000} \sqrt{(1.5 * 1602,99)^2 + (1.0 * 3153.14)^2}$$
$$d = 1.5 in \sim 2 in$$

**4.3.2 Cálculo del diámetro del eje de poleas del bastidor.** Para este cálculo se realiza el mismo procedimiento que se aplicó para el eje del tambor.

Figura 36. Diagrama de cuerpo libre del eje de poleas del bastidor



Fuente: Autores

$$\sum Fy = 0$$

$$Rc + Rd - 350 = 0$$

$$Rc + Rd = 350$$

$$\sum M_c = 0$$

$$350Kg(0.15\text{ m}) - 0.30Rd = 0$$

$$Rd = 175Kg = 385.875lb$$

$$M_{Fmax} = \frac{1}{4}Fl \quad (22)$$

$$M_{Fmax} = \frac{1}{4}(350Kg)(0.30m)$$

$$M_{Fmax} = 26.25\text{ Kg} - m = 2278.79\text{ Lb} - in$$

$$M_T = F * R \quad (23)$$

$$M_T = 350\text{ Kg}(0.11m)$$

$$M_T = 38.5\text{ Kg} - m = 3342.22\text{ Lb} - in$$

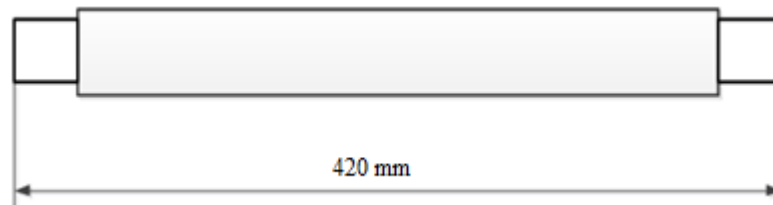
De acuerdo con la ecuación (21) se obtiene el siguiente diámetro:

$$d^3 = \frac{16}{\pi * 6000} \sqrt{(1.5 * 2278.79)^2 + (1.0 * 3342.22)^2}$$

$$d = 2 \text{ in}$$

**4.3.3** *Diseño del eje a fatiga. Análisis de fluctuación: la inversión es completa y el torque constante.*

Figura 37. Sección del eje



Fuente: Autores

La sección de análisis es generalmente donde se colocan los apoyos o chumaceras, el diámetro del eje es uniforme, pero en este caso el momento flector máximo se encuentra en el centro del eje .por lo cual se analizara en el centro del mismo.

Datos para el análisis:

$$M_f = 1602,99 \text{ lb-in}$$

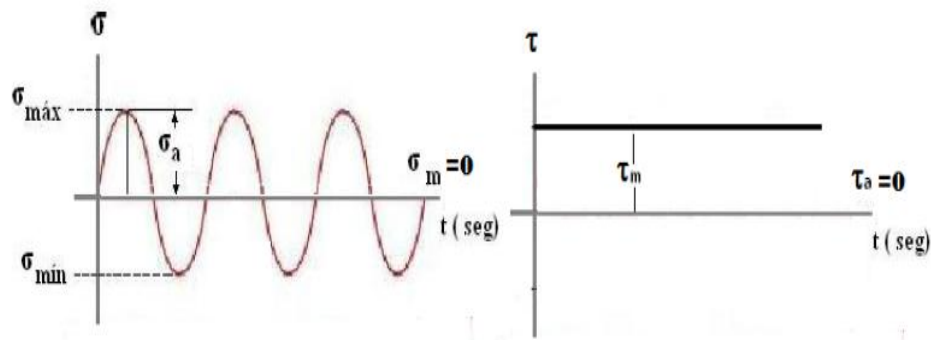
$$M_t = 3153.14 \text{ lb-in}$$

El material recomendado para las características del eje es acero de transmisión de tipo AISI 1018, cuyo límite de resistencia a la rotura es 89 000 lb/in<sup>2</sup>.

**4.3.4** *Diseño del eje a fatiga.* Para el caso de los esfuerzos alternantes: En el caso de flexión se analiza bajo la condición de cargas a la cual está sometido el eje, el mismo que estará cumpliendo un determinado ciclo al girar en el sentido de enrollamiento de los cables y la carga estaría fluctuando entre un valor máximo y mínimo, de esta manera el ciclo que cumple es inversión completa, debido a que estaría ocurriendo lo mismo en el momento de desenrollar los cables.

En el caso del torque, éste se mantiene constante debido a que el diseño y selección del motor está para un determinado torque establecido que supera la carga nominal.

Figura 38. Fluctuación de los esfuerzos alternantes.



Fuente: SHIGLEY, J. y MISCHEKE, C. (2000) Diseño en Ingeniería Mecánica.

Determinamos con la ecuación siguiente los esfuerzos por flexión

$$\sigma_a = \frac{32Mf}{\pi D^3} \quad (24)$$

Reemplazando datos en la ecuación

$$\sigma_a = \frac{32(1602,99)}{\pi 2^3}$$

$$\sigma_a = 2040,991 \text{ lb/in}^2$$

Para el momento torsor empleamos la ecuación siguiente:

$$\tau_m = \frac{16Mt}{\pi D^3} \quad (25)$$

$$\tau_m = \frac{16(3153,14)}{\pi 2^3} = 2007,35 \text{ lb/in}^2$$

Esfuerzos equivalentes:

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{\sigma_a^2 + 3\tau_a^2} \quad \sigma_{eqm} = \sqrt{\sigma_m^2 + 3\tau_m^2} \quad (26)$$

Reemplazando datos en la ecuación:

$$\sigma_{eqa} = \sqrt{(2040,99)^2} = 2040,99 \text{ lb/in}^2$$

$$\sigma_{eqm} = \sqrt{3(2007,35)^2} = 3476,83 \text{ lb/in}^2$$



Según el criterio de GOODMAN

$$\frac{\sigma_{eqa}}{S_e} + \frac{\sigma_{eqm}}{S_{ut}} = \frac{1}{n} \quad (27)$$

El límite de fatiga está dado por:

$$S_e = K_a \cdot K_b \cdot K_c \cdot K_d \cdot K_e \cdot K_f \cdot S_e' \quad (28)$$

Dónde:

$S_e$  = Límite de la resistencia a la fatiga del elemento mecánico

$S_e'$  = Límite de resistencia a la fatiga medio

$K_a$  = Factor de superficie

$K_b$  = Factor de tamaño

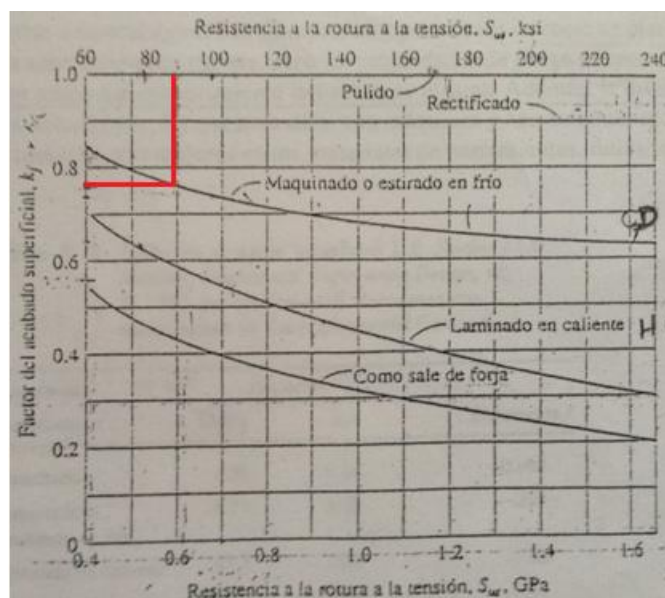
$K_c$  = Factor de confiabilidad

$K_d$  = Factor de temperatura

$K_e$  = Factor de modificación por concentración de esfuerzos

$K_f$  = Factor de efectos diversos

Figura 39. Factores de modificación de acabado superficial  $k_a$ , para el acero.



Fuente: SHIGLEY, J. y MISCHEKE, C. (2000) Diseño en Ingeniería Mecánica.

El factor de superficie  $K_a$  lo encontramos en la figura 39, el cual se ingresa con el valor  $S_{ut}$  y con la condición de maquinado o estirado en frío.

$S_{ut}$  = Resistencia a la rotura por tensión, para el acero AISI 1018 el valor es  $89000 \text{ lb/in}^2$

Por tanto  $K_a = 0,76$

Para el factor  $K_b$  revisamos los siguientes rangos de valores

$$K_b = \begin{cases} 0,869d^{-0,112} & 0.3 \text{ in} < d < 10 \text{ in} \\ 1 & d \leq 0.3 \text{ in o bien } d \leq 8 \text{ mm} \\ 1,18d^{-0,097} & 8 \text{ mm} < d < 250 \text{ mm} \end{cases}$$

$K_b = 0,80$

Para el factor de confiabilidad  $K_c$ :

Tabla 10. Factores de confiabilidad  $k_c$ , correspondientes a una desviación estándar de 8% del límite de fatiga.

Confiabilidad R	$K_c$
0,5	1
0,9	0,847
0,95	0,868
0,99	0,814

Fuente: SHIGLEY, J. y MISCHEKE, C. (2000) Diseño en Ingeniería Mecánica.

Para  $R=95\%$ ,  $K_c=0,868$

Para hallar  $(k_d)$  se utiliza una de las siguientes expresiones según el uso del eje:

$$k_d = \begin{cases} 1,0 & T \leq 450 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (840 } ^\circ\text{F)} \\ 1-5,8(10)^{-3}(T-450) & 450 \text{ } ^\circ\text{C} < T \leq 550 \text{ } ^\circ\text{C} \\ 1-3,2(10)^{-3}(T-840) & 840 \text{ } ^\circ\text{F} < T \leq 1020 \text{ } ^\circ\text{F} \end{cases}$$

Como la temperatura a la que trabaja el eje tiene una variación de temperatura despreciable:

$$K_d=1$$

Para calcular el factor de modificación por concentración de esfuerzos se utiliza la siguiente ecuación:

Para estimar el factor  $K_e$  se supondrá un radio de entalladura de  $r = 2\text{mm}$

$$K_e = \frac{1}{K_f} \quad (29)$$

$$q = \frac{K_f - 1}{K_t - 1} \quad (30)$$

Dónde:

$K_f$  = Factor de reducción de resistencia para fatiga.

$q$  = Sensibilidad a las ranuras o muescas.

$K_t$  = Factor de concentración de esfuerzos, teórico o geométrico.

“El valor de  $q$  suele estar entre cero y la unidad la ecuación indica que, si  $q=0$  entonces  $K_f=1$ , el material no tiene sensibilidad a las ranuras. Por otra parte si  $q=1$  entonces  $K_f = K_t$  y el material es completamente sensible”.

Entonces se tiene  $K_e = K_f=1$  por tener  $q=0$ .

Por lo tanto se calcula el valor de  $S_e$ , sustituyendo todos los factores  $K$  en la siguiente ecuación se tiene:

$$S_e = K_a.K_b.K_c.K_d.K_e.K_f. S_e'$$

Para el análisis de fatiga por flexión se tiene que:

$$S_e' = 0,5 S_{ut}$$

$S_{ut}$  = Resistencia a la rotura por tensión, para el acero AISI 1018 el valor es  $89000\text{lb/in}^2$

Por tanto:

$$Se = K_a.K_b.K_c.K_d.K_e.K_f. (0,5S_{ut})$$

$$Se = 0,76 \times 0,80 \times 0,868 \times 1 \times 1 \times 1 (0,5 \times 89000)$$

$$Se = 23484,6 \text{ lb/in}^2$$

Reemplazamos en la siguiente ecuación

$$\frac{\sigma_{eqa}}{Se} + \frac{\sigma_{eqm}}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$$

$$n = \frac{1}{\frac{\sigma_{eqa}}{Se} + \frac{\sigma_{eqm}}{S_{ut}}}$$

$$n = \frac{1}{\frac{2040,99}{23484,6} + \frac{3476,83}{89000}}$$

$$n = 7,93$$

Entonces teniendo un factor de seguridad igual a 8 aproximadamente podemos concluir que el eje soporta dinámicamente las cargas.

#### 4.4 Selección de chumaceras

Para la selección de chumaceras de piso es necesario tomar en cuenta el diámetro del eje y la carga q va a soportar el eje, en nuestro caso:

Diámetro mínimo de eje = 2 in

Carga máxima a soportar = 700 kg

En el mercado actual existen varias opciones que cumplen las condiciones indicadas, por tanto hemos seleccionado, según el catálogo proporcionado por SKF la siguiente chumacera cuyas dimensiones se muestra en el Anexo D.

#### 4.5 Espesor del tambor

La sollicitación del tambor se compone:

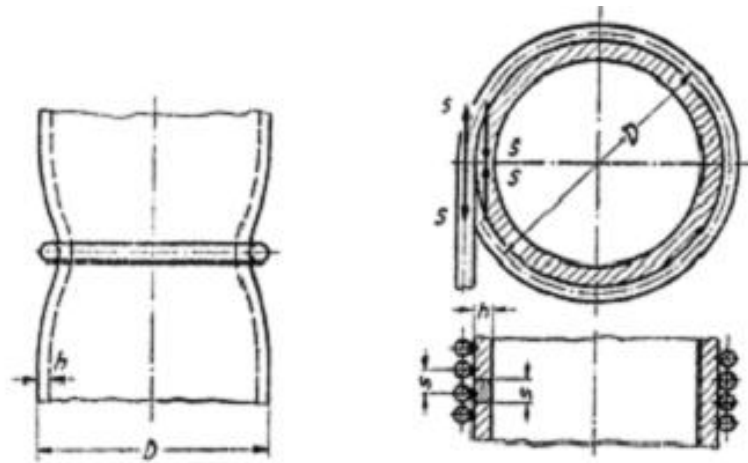
- 1) De una torsión.
- 2) De una flexión por la tracción del cable.

3) De una compresión causada por el apriete del cable.

Los esfuerzos de torsión son pequeños y por ello despreciables. Normalmente también los esfuerzos de flexión son despreciables, excepto para los tambores de longitud excesiva. Resulta, por lo tanto, que el espesor del tambor debe elegirse de acuerdo con la sollicitación del arrollamiento.

El arrollamiento sollicita al tambor a compresión y a flexión. El tipo de sollicitación se pone en evidencia imaginando al tambor que soporta una única espira de cable (figura 40). Bajo la influencia de la tracción del cable, el tambor se comprime con la máxima deformación debida al arrollamiento. A medida que nos alejamos de la espira, la deformación, y consecuentemente el esfuerzo debido a la compresión, disminuye.

Figura 40. Sollicitación a compresión del tambor de arrollamiento



Fuente: (HELLMUT, 1970)

El perfil del tambor deformado es el que presenta la figura 39, mostrando que existe una sollicitación a flexión en sentido paralelo al eje del tambor. Los esfuerzos máximos debidos a una sola espira son los siguientes: (S tracción en Kg).

A compresión:

$$\sigma = 0.93S \sqrt{\frac{1}{D^2 h^6}} (kg/cm^2) \quad (31)$$

A flexión:

$$\sigma_f = 1.61 \sqrt{\frac{1}{D^2 h^6}} (kg/cm^2) \quad (32)$$

En servicio normal, el tambor nunca será cargado por una sola espira aislada. Siendo corriente que el arrollamiento del cable bajo tensión se empiece desde un extremo del tambor, se podrá obtener el esfuerzo total soportado por éste recubierto totalmente de espiras, calculando los esfuerzos causados por cada espira aisladamente y superponiéndolos. En este caso, la sollicitación de la flexión local será nula, porque, si la tracción no varía, la deformación por compresión es constante y la generatriz del tambor permanecerá recta. No obstante, los esfuerzos de compresión se añadirán hasta que la sección correspondiente al paso del enrollamiento sea solicitada por la tracción del cable. Bajo esta hipótesis el esfuerzo de compresión se calcula como sigue: (HELLMUT, 1970 pág. 30)

$$\sigma = \frac{S}{hs} (kg/cm^2) \quad (33)$$

Dónde:

S: Tracción que soporta el cable = Ft.

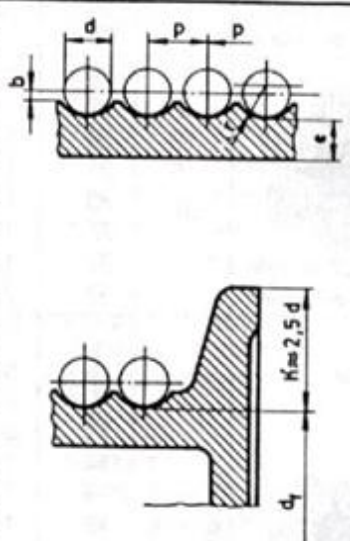
h: espesor del tambor.

s: paso de enrollamiento.

Para el diámetro de cable de 10mm entramos a la tabla 11 y obtenemos las especificaciones, y el espesor (h) del tambor.

Tabla 11. Especificaciones y espesor h en mm de los tambores

ESPIRAL					ESPESOR e, SEGUN LA CARGA							
Cable d	Tambor			Carga en kg.	Diámetro d <sub>t</sub> del tambor							
	b	p	r		250	300	400	500	600	700	800	
8	1	95	4,5	500	4-6	4-6						
10	1	12	5,5	1.000	6-9	6-9						
13	1,5	15	7	1.500		8-12	7-11					
16	2	18	9	2.000		9-14	8-13					
16	2	18	9	2.500			10-15	10-12				
19	2,5	22	10,5	3.000			11-16	11-16				
22	3	25	12	4.000				12-18				
24	3	27	13	5.000				14-20	14-20			
27	3,5	31	15	6.000					15-22	14-22		
29	3,5	33	16	7.000					16-24	16-24		
31	4	35	17	8.000						17-26		
31	4	35	17	9.000						19-27	18-26	
33	4	37	18	10.000						20-28	19-27	



Fuente: N. LARBURU. Máquinas Prontuario, Técnicas Máquinas Herramientas.

De acuerdo con la tabla 11 se obtuvo un espesor del tambor de  $h = 6\text{mm}$  y paso  $p = s = 12\text{ mm}$ .

De esta manera se obtiene que el esfuerzo de compresión es:

$$\sigma = \frac{704.737\text{kg}}{6\text{mm} * 12\text{mm}} = \frac{9.788\text{kg}}{\text{mm}^2} = 978.8 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Considerando que el esfuerzo de compresión no debe sobrepasar del esfuerzo admisible, por lo tanto para un material ASTM A 36 tenemos un  $S_y = 2531\text{ kg/cm}^2$

$$\sigma_{ad} = \frac{S_y}{n} \quad (34)$$

$$\sigma_{ad} = \frac{S_y}{n}$$

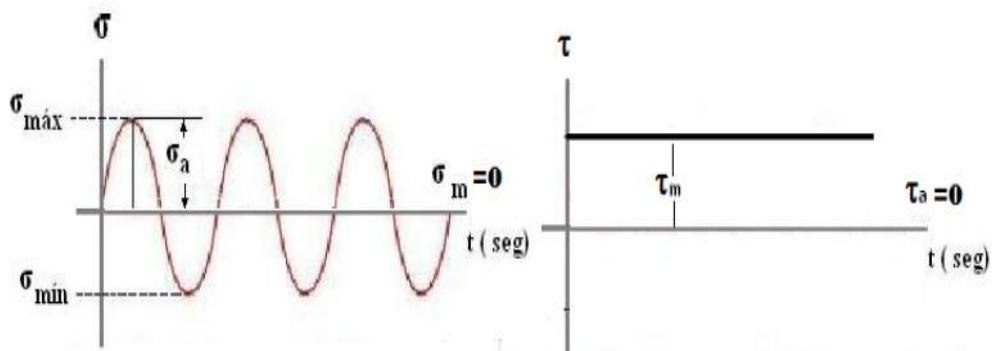
$$n = \frac{S_y}{\sigma_{ad}} = \frac{2531}{978,8} = 2,58$$

Al obtener un coeficiente de tres aproximadamente garantizamos la resistencia del tambor a compresión o aplastamiento.

**4.5.1 Diseño a fatiga del tambor de enrollamiento.** Con este análisis comprobamos si el tambor estará sujeto a vida finita o infinita según criterios establecidos.

Las fluctuaciones que se producen en el tambor son parecidas a las del eje principal, en este caso cambia los diámetros.

Figura 41. Fluctuación de las cargas sobre el eje.

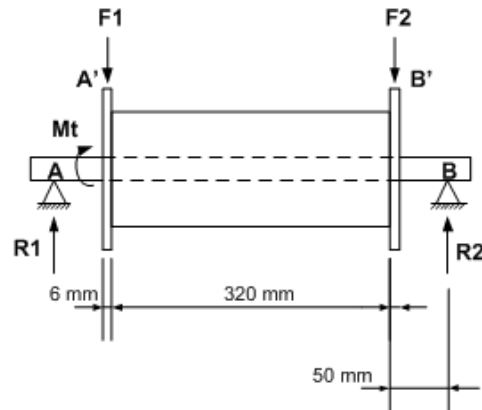


Fuente: SHIGLEY, J. y MISCHEKE, C. (2000) Diseño en Ingeniería Mecánica.

Para el cálculo del momento flector máximo ya no consideramos el peso del tambor por tanto:

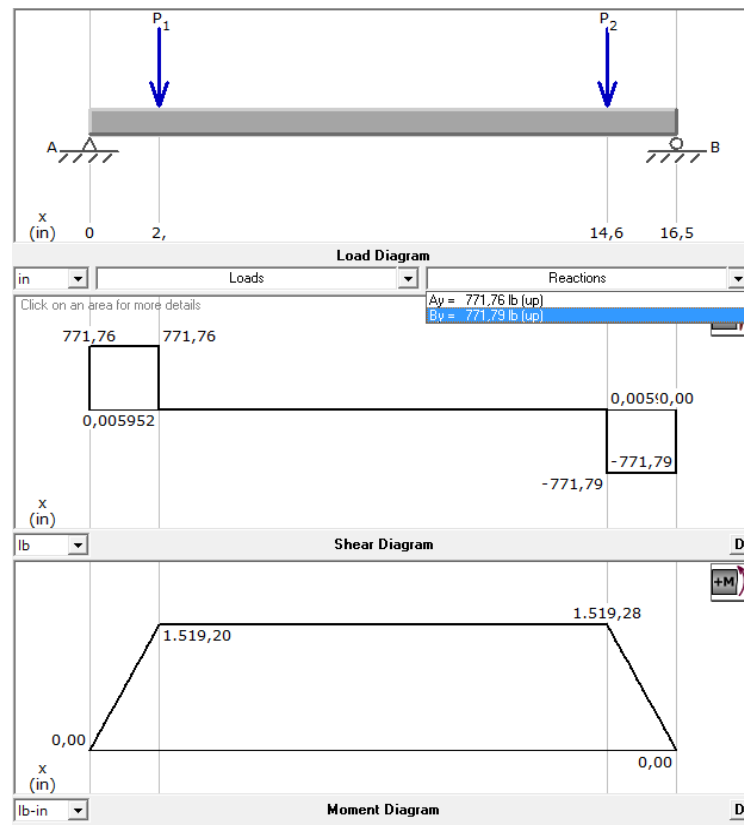
Determinamos el momento flector máximo producido en el tambor.

Figura 42. Eje tambor



Fuente: Autores

Figura 43. Diagramas de cargas, cortante y momento flector sobre el tambor de enrollamiento



Fuente: Autores



De los diagramas obtenemos:

El valor de las reacciones:  $R_1 = 771,75\text{lb}$ ;  $R_2 = 771,75\text{lb}$

El valor del momento flector máximo es:  $M_f = 1519,28\text{lb-in}$

Determinamos los esfuerzos a flexión

$$\sigma_a = \frac{32M_f}{\pi(de^3 - di^3)} \quad (35)$$

De donde conocemos que:

$D_e$  = diámetro exterior del tambor;  $20\text{cm} = 7,87\text{in}$

$D_i$  = diámetro interior del tambor;  $18,8\text{cm} = 7,40\text{in}$ , esto se puede conocer debido a que el espesor del tambor recomendado es de 6mm

Reemplazando datos en la ecuación

$$\sigma_a = \frac{32(1519,28)}{\pi(7,87^3 - 7,40^3)}$$
$$\sigma_a = 188,21\text{lb/in}^2$$

El momento torsor es igual:

$$\tau_m = \frac{16Mt}{\pi(de^3 - di^3)}$$
$$\tau_m = \frac{16(3153,14)}{\pi(7,87^3 - 7,40^3)} = 195,3\text{ lb/in}^2$$

Determinamos el valor de  $S_e$

El límite de fatiga está dado por:

$S_e = K_a.K_b.K_c.K_d.K_e.K_f \cdot S_e'$

Dónde:

$S_e$  = Límite de la resistencia a la fatiga del elemento mecánico

$S_e'$  = Límite de resistencia a la fatiga medio

$K_a$ = Factor de superficie

$K_b$ = Factor de tamaño

$K_c$ = Factor de confiabilidad

$K_d$ = Factor de temperatura

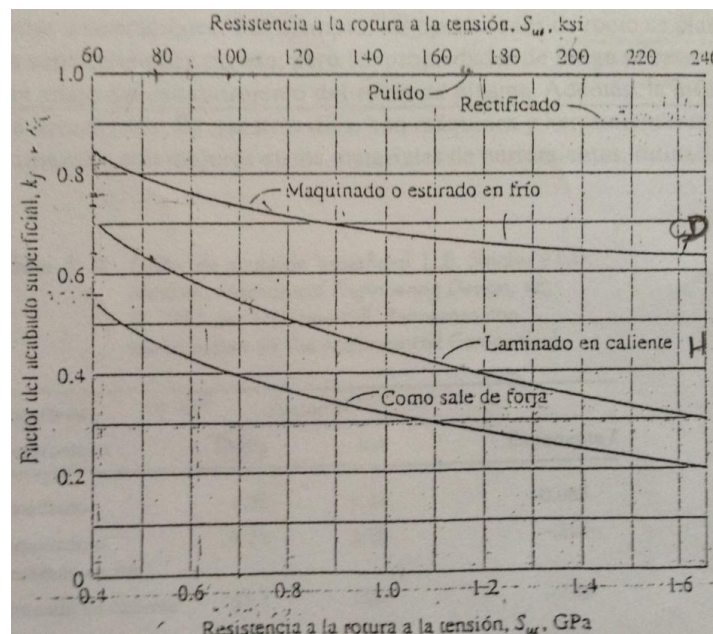
$K_e$ = Factor de modificación por concentración de esfuerzos

$K_f$ = Factor de efectos diversos

El factor de superficie  $K_a$  lo encontramos en la siguiente gráfica, el cual se ingresa con el valor  $S_{ut}$  y con la condición de maquinado o estirado en frío.

$S_{ut}$  = Resistencia a la rotura por tensión, para el acero ASTM A36 el valor es  $60000 \text{ lb/in}^2$

Figura 44. Factores de modificación de acabado superficial  $k_a$ , para el acero.



Fuente: SHIGLEY, J. y MISCHEKE, C. (2000) Diseño en Ingeniería Mecánica.

Por tanto el  $K_a = 0,85$

Para el factor  $K_b$  revisamos los siguientes rangos de valores

$$K_b = \begin{cases} 0,869d^{-0,112} & 0.3\text{in} < d < 10 \text{ in} \\ 1 & d \leq 0.3 \text{ in o bien } d \leq 8 \text{ mm} \\ 1,18d^{-0,097} & 8\text{mm} < d < 250\text{mm} \end{cases}$$

$$K_b = 0,86$$

Para el factor de confiabilidad  $K_c$ :

Tabla 12. Factores de confiabilidad  $k_c$ , correspondientes a una desviación estándar de 8% del límite de fatiga

Confiabilidad R	$K_c$
0,5	1
0,9	0,847
0,95	0,868
0,99	0,814

Fuente: SHIGLEY, J. y MISCHEKE, C. (2000) Diseño en Ingeniería Mecánica.

Para  $R=95\%$ ,  $K_c=0,868$

Para hallar ( $k_d$ ) se utiliza una de las siguientes expresiones según el uso del eje:

$$k_d = \begin{cases} 1, 0 & T \leq 450 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (840} ^\circ\text{F)} \\ 1-5,8(10)^{-3}(T-450) & 450 \text{ } ^\circ\text{C} < T \leq 550 \text{ } ^\circ\text{C} \\ 1-3,2(10)^{-3}(T-840) & 840 \text{ } ^\circ\text{F} < T \leq 1020 \text{ } ^\circ\text{F} \end{cases}$$

Como la temperatura a la que trabaja el tambor tiene una variación de temperatura despreciable:

$$K_d = 1$$

Para calcular el factor de modificación por concentración de esfuerzos se utiliza la siguiente ecuación:

Para estimar el factor  $K_e$  se supondrá un radio de entalladura de  $r = 2\text{mm}$

$$K_e = \frac{1}{K_f}$$

$$q = \frac{K_f - 1}{K_t - 1}$$

Dónde:

$K_f$  = Factor de reducción de resistencia para fatiga.

$q$  = Sensibilidad a las ranuras o muescas.

$K_t$  = Factor de concentración de esfuerzos, teórico o geométrico.

“El valor de  $q$  suele estar entre cero y la unidad la ecuación indica que, si  $q=0$  entonces  $K_f=1$ , el material no tiene sensibilidad a las ranuras. Por otra parte si  $q=1$  entonces  $K_f = K_t$  y el material es completamente sensible”.

Entonces se tiene  $K_t = K_f=1$  por tener  $q=0$ .

Por lo tanto se calcula el valor de  $S_e$ , sustituyendo todos los factores  $K$  en la siguiente ecuación se tiene:

$$S_e = K_a.K_b.K_c.K_d.K_e.K_f. S_e'$$

Para el análisis de fatiga por flexión se tiene que:

$$S_e' = 0,5 S_{ut}$$

$S_{ut}$  = Resistencia a la rotura por tensión, para el acero ASTM A36, el valor es 60000lb/in<sup>2</sup>

Por tanto:

$$S_e = K_a.K_b.K_c.K_d.K_e.K_f. (0,5S_{ut})$$

$$S_e = 0,85 \times 0,86 \times 0,868 \times 1 \times 1 \times 1 (0,5 \times 60000)$$

$$S_e = 19035,24 \text{ lb/in}^2$$

Por criterios de diseño se conoce que:

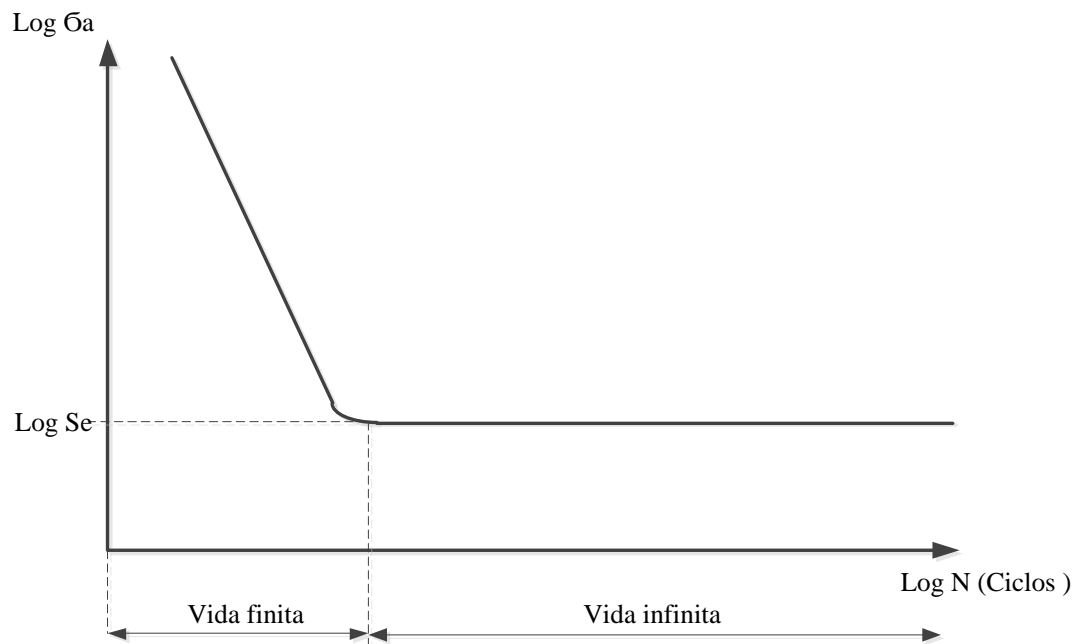
$$\sigma_a \leq \frac{S_e}{n}$$

Se determinó que el coeficiente de seguridad es aproximadamente 3 por tanto:

$$188,21\text{lb/in}^2 \leq 6345,08$$

Al cumplir esta condición, determinamos que el tambor se encuentra diseñado para vida infinita, como se puede ver en la figura.

Figura 45. Curva para determinar la duración de un elemento



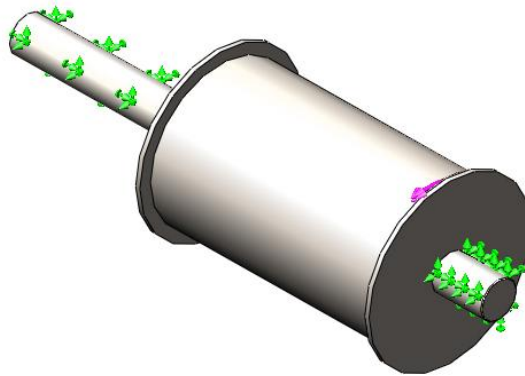
Fuente: SHIGLEY, J. y MISCHEKE, C. (2000) Diseño en Ingeniería Mecánica.

#### 4.6 Análisis del eje tambor

Una vez realizado los cálculos de diseño estático y verificación a fatiga del eje y tambor se realiza un análisis mediante un software de diseño a manera de comprobación de los cálculos realizados.

Para el dimensionamiento del eje tambor, las condiciones iniciales para el cálculo estático son colocadas en los puntos más extremos como son la cara interior del tambor, además de esto se dibuja en el tambor una pieza que simula al cable para colocar la fuerza que ejerce en la superficie, como se muestra en la figura.

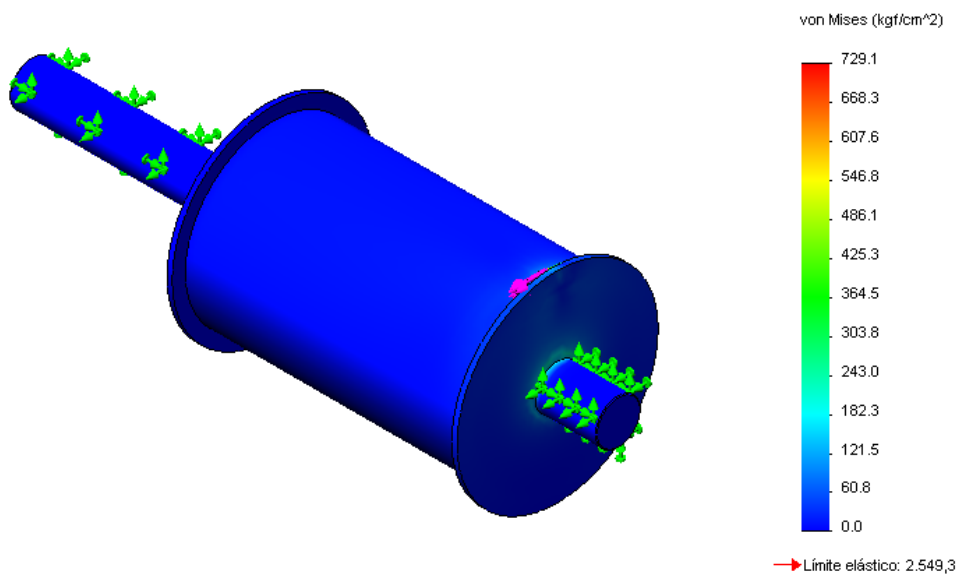
Figura 46. Condiciones iniciales



Fuente: Autores

El resultado del análisis indica que el esfuerzo máximo se encuentra en el punto donde hay un cambio de sección, el cual se encuentra entre 303,8 a 364,5 Kgf/cm<sup>2</sup> como nos indica la figura siguiente.

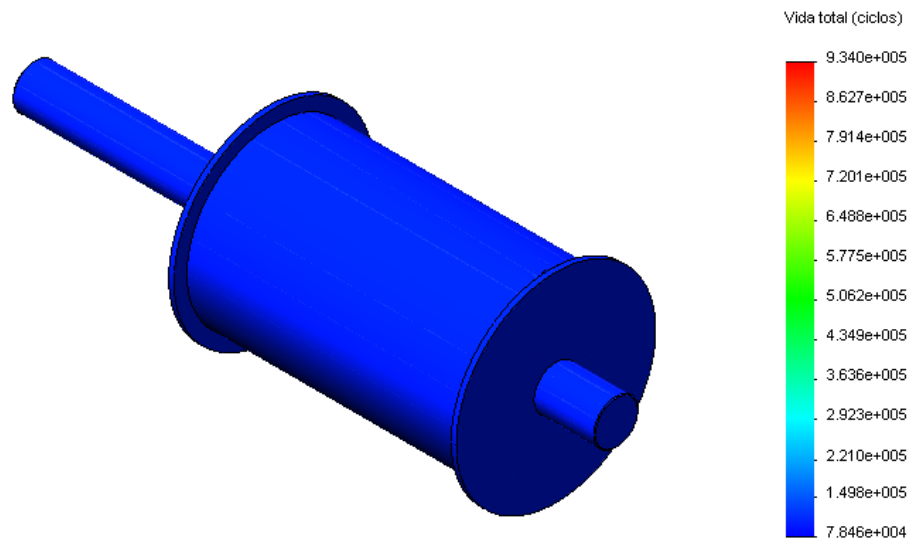
Figura 47. Esfuerzo de Von Mises



Fuente: Autores

Una vez realizado el análisis estático se procede al análisis a fatiga, el mismo que nos indica los ciclos de vida del eje tambor para este caso se tiene que el tambor va a tener una vida infinita como se demostró anteriormente en los cálculos realizados.

Figura 48. Ciclos de vida del eje tambor



Fuente: Autores

Por lo tanto como indica la figura la vida mínima del eje tambor sería de  $7846 \times 10^4$  ciclos de vida, esto quiere decir que el tambor va a trabajar ocho horas diarias, lo que daría veinte dos días laborables al mes, lo quiere decir que el tambor va a durar como mínimo 13,08 años.

#### 4.7 Cálculo de las guías

Las guías de los ascensores, deben tener la suficiente resistencia mecánica, para soportar sin romperse ni sufrir deformaciones permanentes dos clases de esfuerzos:

a) *El empuje horizontal*, debido a posibles excentricidades de la carga. Se supone (figura 48) la mitad de la carga máxima de la cabina ( $Q/2$ ), a una distancia de la proyección vertical del punto de suspensión del bastidor sobre el suelo de la cabina de  $1/4$  de la anchura de éste ( $a/4$ ).

El momento de vuelo producido por la citada carga, debe ser contrarrestado por la reacción ( $R_h$ ) de las guías sobre una rozadera, multiplicada por la distancia a la otra rozadera ( $d$ ).

Es decir:

$$\frac{Q}{2} \times \frac{a}{4} = R_h \times d, \quad R_h = \frac{Q}{8} \times \frac{a}{d} \quad (36)$$

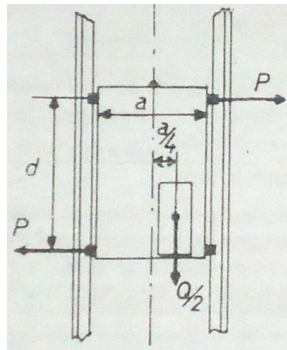
La flecha producida por el empuje horizontal **P**, sobre las guías, en el tramo  $l_k$  limitado por dos apoyos de éstas, siendo  $I_t$  el momento transversal del perfil en T de las guías será:

$$F = \frac{Rh * l_k^3}{48 * E * I_t} \quad (37)$$

Siendo E el módulo de elasticidad.

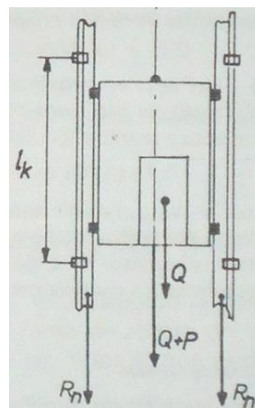
El reglamento de Aparatos Elevadores Español, en su art. 80-I, limita la flecha que puede producirse, en las condiciones establecidas a 3 mm (0,003 m.).

Figura 49. Empuje horizontal sobre las guías, producido por la excentricidad de la carga



Fuente: (LASHERAS ESTEBAN, 1980)

Figura 50. Esfuerzo de frenado sobre las guías, producido por el acúñamiento brusco de la cabina al actuar el paracaídas.



Fuente: (LASHERAS ESTEBAN, 1980)



b) *El esfuerzo de frenado*, que puede transmitir a las guías, la cabina al ser detenida por el paracaídas, brusca o progresivamente, según sea éste de tipo instantáneo o progresivo.

El esfuerzo que tiene que soportar cada guía cuando la cabina es detenida por el paracaídas (figura 50), se compone de las siguientes cargas parciales:

1. Peso de la propia guía.
2. Mitad del peso total de la cabina (su peso más carga).
3. Mitad de la fuerza de inercia producida por la masa total de la cabina (la suya y la de carga), al detenerse.

Si denominamos:

**h** la altura total del recorrido

**lk** el tramo de guía comprendido entre dos apoyos

**k** el peso de la guía por metro lineal

**P** es el peso de la cabina vacía y del ramal del cable de maniobra y elementos de compensación si los lleva, suspendidos de la cabina (en Kg).

**Q** la carga nominal (en Kg)

**v** la velocidad nominal de la cabina

**a** la deceleración de la cabina desde la iniciación del frenado hasta que se detiene

**t** el tiempo que dura la deceleración

**gn** la aceleración normal de la gravedad

El esfuerzo sobre cada guía al frenar la cabina estará compuesto de las siguientes cargas parciales:

1. Peso del tramo de guía entre dos apoyos:  $k \cdot lk$
2. Mitad del peso total de la cabina, cables y carga:  $\frac{1}{2} (P+Q)$
3. Mitad de la fuerza de inercia:  $\frac{1/2(P+Q)}{g} * a$

Por tanto el esfuerzo total  $R_h$  será:

$$Rh = k * lk + \frac{1}{2(P+Q)} + \frac{1}{2\frac{P+Q}{g}a} = k * lk + 1/2(P + Q)(\frac{a}{g} + 1) \quad (38)$$

Si suponemos una deceleración media **a** uniforme de frenado de la cabina, podemos calcularla en función del tiempo de frenado **t**, y de la velocidad **vp** en que se inicia la acción del paracaídas por la fórmula:

$$a = \frac{vp}{t} \quad (39)$$

Y sustituyendo en (38)

$$Rh = k * lk + 1/2(P + Q)(\frac{vp}{g.t} + 1) \quad (40)$$

Dónde:

**Vp** que es la velocidad a la que debe actuar el paracaídas, que viene fijada en el Reglamento (art. 74-I).

Queda por fijar el tiempo de frenado que el reglamento español no da, sólo indica en el art. 73-II, que la deceleración no podrá exceder de 2,5 g. Se pueden por tanto calcular los tiempos de frenado en función de la velocidad **Vp** y la deceleración máxima 2,5 g por la fórmula:

$$t = \frac{vp}{2,5 g} \quad (41)$$

Por lo que podemos sustituir el valor de **a**, o sea 2,5 g directamente en (38) obteniéndose:

$$Rh = k * lk + 1/2(P + Q)(\frac{3,5 g}{g}) = k * lk + 1,75(P + Q) \quad (42)$$

En esta fórmula no hemos considerado más que la longitud de guía **lk**, comprendida entre dos anclajes. Sin embargo cuando se colocan guías suspendidas, los anclajes deben permitir un deslizamiento longitudinal de las guías, para que no se deformen con las contracciones en la altura del edificio, como ocurre cuando los anclajes son rígidos. En este caso, debe considerarse gravitando en la sección más débil de la guía todo el peso de ésta.

Si **H** es la longitud total de cada guía, la fórmula (42) se convierte en:

$$Rh = k * H + 1,75(P + Q) \quad (43)$$

La deceleración máxima 2,5 g la admite el reglamento para ascensores de velocidades superiores a 0,80 m/s pero no pone ningún límite a las deceleraciones de los ascensores de velocidad hasta 0,80 m/s que son muy superiores a 2,5 g cuando utilizan, como está permitido, paracaídas instantáneos.

Por lo tanto en la norma EN 81-1, resulta inferior para los paracaídas instantáneos de cuña y excesivo para los paracaídas progresivos por lo que adoptaremos los coeficientes de la norma quedando las fórmulas (42) y (43) así:

***Para guías apoyadas (Llevan apoyos a cada cierta distancia)***

Figura 51. Instalación de guías apoyadas



Fuente: Autores

Para paracaídas instantáneos de cuñas	$Rh = k * lk + 2,5(P + Q)$ en Kg	(44)
---------------------------------------	----------------------------------	------

Para paracaídas instantáneos de rodillos	$Rh = k * lk + 1,5(P + Q)$	(45)
--	----------------------------	------

Para paracaídas progresivos	$Rh = k * lk + (P + Q)$	(46)
-----------------------------	-------------------------	------

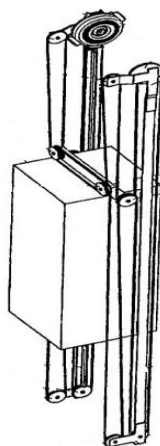
***Para guías suspendidas (Solo se apoyan en los extremos)***

Para paracaídas instantáneos de cuñas	$Rh = k * H + 2,5(P + Q)$ en Kg	(47)
---------------------------------------	---------------------------------	------

Para paracaídas instantáneos de rodillos	$Rh = k * H + 1,5(P + Q)$	(48)
--	---------------------------	------

Para paracaídas progresivos	$Rh = k * H + (P + Q)$	(49)
-----------------------------	------------------------	------

Figura 52. Instalación de guías suspendidas



Fuente: Autores

**4.7.1 Cálculo a compresión de las guías apoyadas.** El esfuerzo de frenado puede ser soportado por las guías a compresión o tracción. Si se consideran trabajando a compresión, se calcula su resistencia como barras comprimidas en tramos de longitud  $l_k$  entre dos apoyos consecutivos, y libremente articulados en sus dos extremos. En este caso se aplica la fórmula correspondiente de Euler:

$$R'_h = \frac{\pi^2 E I_{min}}{l_k^2} \quad (50)$$

Siendo: E el módulo de elasticidad 2100000 Kg/cm<sup>2</sup>.

I<sub>min</sub> el momento de inercia mínimo del perfil de la guía.

Esta fórmula es válida para una esbeltez:

$$\lambda = \frac{l_k \text{ (longitud entre apoyos)}}{i \text{ (radio de giro mínimo del perfil)}} \quad \text{inferior a 250} \quad (51)$$

Si la esbeltez es mayor, se considera la barra inaceptable para el trabajo a compresión.

**4.7.2 Cálculo a tracción de las guías suspendidas.** Si se consideran las guías suspendidas, y trabajando a tracción su resistencia será igual a su sección por la carga de rotura del acero dulce del que generalmente están laminadas las guías y que es 4500 Kg/cm<sup>2</sup>, o sea:

$$R'_h = 4500 \text{ kg/cm}^2 * S(\text{cm}^2) \quad (52)$$

Si las guías están formadas por varios tramos, y estos unidos por placas atornilladas, habrá que considerar la sección del empalme por si su sección es inferior a la de la guía, y tener en cuenta, la sección más pequeña. También hay que tener en cuenta, a los mismos efectos el sistema de suspensión de las guías. (LASHERAS ESTEBAN, 1980 págs. 65-70)

**4.7.3 Desarrollo del cálculo de las guías.** Para nuestro cálculo tenemos los siguientes datos:

**P** = 300 Kg (Peso de la cabina, cable, etc.)

**Q** = 400 Kg (Peso de la carga)

**a** = 100 cm (Anchura de la cabina)

**d** = 200 cm (Distancia entre rozaderas)

**H** = 6 m (Longitud total de las guías)

**k** = 0,073 (Peso de las guías por cm)

**s** = 9,37 cm<sup>2</sup> (Sección de las guías)

**I<sub>transv</sub>** = 41 cm<sup>4</sup> (Momento de inercia del perfil)

**I<sub>min</sub>** = 19,10 cm<sup>4</sup>

**i<sub>min</sub>** = 1,42 cm (radio de giro mínimo)

Las guías son de acero dulce de 45 Kg/cm<sup>2</sup>.

Se colocan los apoyos de las guías a **l<sub>k</sub>** = 150 cm

**El empuje horizontal** de acuerdo con la fórmula (36) será:

$$R_h = \frac{Q \cdot a}{8 \cdot d} = \frac{400 \text{ kg} * 100 \text{ cm}}{8 * 200 \text{ cm}} = 25 \text{ kg}$$

Y la flecha será:

$$F = \frac{R_h \cdot l_k^3}{48 \cdot E \cdot I_{transv}} = \frac{25kg \cdot (150cm)^3}{48 \cdot 2100000 \frac{kg}{cm^2} \cdot 41 cm^4} = 0,02cm < 3mm$$

Por lo tanto la resistencia transversal de la guía es admisible.

**El esfuerzo de frenado será:**

Por ser paracaídas de rodillos, de acuerdo con la fórmula (45) tenemos:

$$R_h = k \cdot l_k + 1,5(P + Q) = 0,073 \frac{kg}{cm} \cdot 150cm + 1,5(400 + 300)kg = 1060,95kg$$

Se calcula ahora la resistencia de las guías apoyadas cada 150 cm. Las guías apoyadas trabajan a compresión. Por lo tanto su esbeltez es:

$$\lambda = \frac{l_k}{i} = \frac{150cm}{1,42cm} = 105,63$$

Como es inferior a 250, puede emplearse la fórmula (43)

$$R'_h = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{min}}{l_k^2} = \frac{\pi^2 \cdot 2100000 \frac{kg}{cm^2} \cdot 19,10cm^4}{(150cm)^2} = 17594,21kg$$

Como el coeficiente de seguridad que debe aplicarse, según el art. 80 del Reglamento de Aparatos Elevadores, es 10, si las resistencias que tienen las guías a compresión o tracción, según trabajen apoyadas o suspendidas,  $R'_h$  es superior a 10 veces el esfuerzo de frenado  $R_h$  las guías serán válidas.

Por lo tanto:

$$\frac{R'_h}{R_h} = \frac{17594,21}{1060,95} = 16,58 > 10$$

Como el coeficiente de seguridad es superior a 10, las guías son admisibles.

#### 4.8 Selección del amortiguador

La velocidad nominal del ascensor es el principal criterio de diseño que determina el tipo de amortiguador que puede instalarse, la cual ha sido fijada en 0,5 m/s, de acuerdo a esta velocidad se ha escogido un amortiguador de acumulación de energía, se podrían instalar también amortiguadores de disipación de energía puesto que permiten cualquier velocidad nominal pero se descarta puesto que supone un gasto mayor e innecesario, hace uso de lubricantes y además requieren un mayor mantenimiento. (Sistema de Elevación para Edificio de Espacio Reducido, 2002)

La carrera posible de los amortiguadores de *acumulación de energía* tengan o no amortiguación del movimiento de retorno, será por lo menos igual a dos veces la distancia de la parada por gravedad con velocidad de 115 por 100 la velocidad nominal, o sea  $2 \times 0,0674 v^2$  aproximadamente igual a  $0,135 v^2$ , expresando la carrera en metros y la velocidad en m/s.

Por lo que la carrera mínima será:

$$C_m = 0,135 * 0,5^2 = 0.03375m = 33,75mm$$

Los amortiguadores se situarán de manera que, cuando la cabina esté en su parada inferior, la distancia entre las placas topes del fondo de la cabina y la parte superior de los amortiguamientos en su posición normal, sea como mínimo 8 cm (0,8m) para los ascensores de adherencia y 16 cm (0,16m) para los ascensores de arrollamiento. (LASHERAS ESTEBAN, 1980 pág. 81)

Además de la carrera de los amortiguadores se deben obtener otros parámetros muy importantes para el diseño de los amortiguadores que a continuación serán calculados.

En lo que respecta al material, se ha seleccionado el acero AISI 9260, ya que este se acerca a la resistencia recomendada que es de 2000 MPa, por lo tanto el acero seleccionado tiene una resistencia a la tracción de 1758 MPa y un módulo de cortadura de 80 GPa. (MOTT, 2006)

Una vez definido el tipo de material se asume que el factor de Wahl será de  $K= 1,25$  que se toma por diseño y partiendo que el índice del resorte  $C$  deberá estar entre 6 y 12 como una medida de curvatura de las espiras del resorte, se tomará como base 6

para que el diámetro del resorte no sea muy grande y así permitir un ahorro de espacio en el foso.

Se determina la fuerza máxima que debe soportar el amortiguador debido a las cargas expuestas sobre el mismo mediante la siguiente fórmula:

$$Fm = 3(Wc + Wp) * g \quad (53)$$

Dónde:

$Fm$  = Fuerza máxima ejercida sobre el amortiguador (N).

$Wc$  = Carga nominal del ascensor (400 Kg).

$Wp$  = Peso de la cabina (300 Kg).

$g$  = Gravedad ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ).

$$Fm = 3(400 \text{ Kg} + 300 \text{ Kg}) * (9,81 \text{ m/s}^2)$$

$$Fm = 20601 \text{ N}$$

Se van a colocar dos amortiguadores en el foso para distribuir de mejor manera la fuerza aplicada en cada uno de ellos, por lo cual la fuerza total se dividirá a la mitad y se obtendrá una  $Fm = 10300,5 \text{ N}$  para cada amortiguador.

El diámetro del resorte viene dado por la siguiente fórmula:

$$dw \geq \sqrt{\frac{8 * Fm * K}{\pi * \tau_p}} * C \quad (54)$$

Dónde:

$dw$  = Diámetro del alambre del resorte (mm).

$Fm$  = Fuerza máxima ejercida sobre el resorte (10300,5 N).

$K$  = Factor de Wahl (1,25).

$C$  = Índice de resorte (6).

$\tau_p$  = Tensión permitida del material usado (1758 MPa).



$$dw \geq \sqrt{\frac{8 * 10300,5 \text{ N} * 1,25}{\pi * 1758 \text{ MPa}}} * 6$$

$$dw \geq 10,58 \text{ mm}$$

Se obtiene un diámetro de 10,58 mm pero se ha decidido cambiar el tamaño del diámetro a 30 mm para alcanzar un factor de seguridad de dos.

A continuación se obtiene el diámetro general del resorte mediante la siguiente fórmula:

$$Dm = 6 * dw \quad (55)$$

$$Dm = 6 * 30 \text{ mm}$$

$$Dm = 180 \text{ mm}$$

La comprobación del factor de Wahl viene dado por la siguiente fórmula:

$$K = \frac{4C-1}{4C-4} + \frac{0,615}{C} \quad (56)$$

$$K = \frac{4(6) - 1}{4(6) - 4} + \frac{0,615}{6}$$

$$K = 1,25$$

Por lo tanto el factor de Wahl asumido es igual al calculado, lo cual afirma los cálculos correctos para el resorte de la cabina.

El factor que permite decidir si el diseño del resorte es el adecuado para la aplicación dada, es el factor  $\tau_0$  que es la tensión admisible que puede soportar el resorte en función del factor de Wahl, la fuerza aplicada, el diámetro de las espiras y del alambre, comparado con la tensión permisible  $\tau_p$ , viene dado mediante la siguiente fórmula.

$$\tau_0 = \frac{8 * K * Fm * C}{\pi * dw^3} \quad (57)$$

$$\tau_0 = \frac{8 * 1,25 * 10300,5 \text{ N} * 6}{\pi * 30^3}$$

$$\tau_0 = 218,58 \text{ MPa}$$

Se procede a comparar las tensiones y se determina si el diseño es el correcto.

$$\tau_0 \leq \tau_p$$

$$218,58 \text{ MPa} < 1758 \text{ MPa}$$

El factor de seguridad, indica la relación entre las tensiones permisible y admisible, siendo este factor una constante que muestra que tan seguro es el diseño del resorte calculado.

$$FS = \frac{\tau_p}{\tau_0}$$

$$FS = \frac{1758 \text{ MPa}}{218,58 \text{ MPa}}$$

$$FS = 8,04$$

Por lo tanto el factor de seguridad obtenido afirma que el diseño es adecuado puesto que es mayor que dos.

En este caso el diseño es el correcto debido a que la tensión admisible ( $\tau_0$ ) es menor que la tensión permisible ( $\tau_p$ ).

El factor de rigidez del resorte, es la relación entre la fuerza máxima ejercida sobre el resorte ( $F_m$ ) y la carrera ( $C_m$ ).

Por lo tanto:

$$k = \frac{F_m}{C_m}$$

$$k = \frac{10300,5 \text{ N}}{0,03375 \text{ m}}$$

$$k = 305200 \text{ N/m}$$

El número de espiras activas que actúan en el momento de la aplicación de una fuerza viene dado por la siguiente fórmula:

$$n = \frac{G * d w^4}{8 * D m^3 * k} \quad (58)$$

Dónde:

$n$  = Número de espiras del resorte.

$G$  = Módulo de corte del material. (80 GPa)

$$n = \frac{(80 * 10^9)(0,03)^4}{8 * 0,18^3 * 305200}$$

$$n = 4,55 \cong 5 \text{ vueltas}$$

Al número de espiras se le aumenta un número determinado de espiras extra dependiendo del tipo de terminación del resorte el mismo que tendrá una terminación cuadrado y rectificado como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 13. Tipo de extremo de resorte

Termino	TIPO DE EXTREMO DE RESORTE			
	Simple	Simple y rectificado	Cuadrado o cerrado	Cuadrado y rectificado
Número de espiras en los extremos, $N_e$	0	1	2	2
Número total de espiras, $N_t$	$N_a$	$N_a+1$	$N_a+2$	$N_a+2$
Longitud libre, $L_f$	$pN_a+D_w$	$p(N_a+1)$	$pN_a+3D_w$	$pN_a+2D_w$
Longitud de solida, $L_s$	$D_w(N_t+1)$	$D_wN_t$	$D_w(N_t+1)$	$D_wN_t$
Paso, $p$	$(L_f-D_w)/N_a$	$L_f/(N_a+1)$	$(L_f-3D_w)/N_a$	$(L_f-2D_w)/N_a$

Fuente: MOTT, R. (2006). Diseño de Elementos de Maquinas, University of Dyton. 4ta Edición.

A continuación se procede a calcular la longitud inicial y la longitud de compresión del resorte, mediante las siguientes fórmulas.

$$L_0 = (n + N_f) * dw + Cm \quad (59)$$

Dónde:

$L_0$  = Longitud inicial del resorte (mm).

$n$  = Número de espiras activas del resorte (5)

$N_f$  = Número de espiras finales o de terminación (2).

$$L_0 = (5 + 2) * 30 + 33,75$$

$$L_0 = 243,75 \text{ mm}$$

$$L_s = dw * Nt \quad (60)$$

Dónde:

$L_s$  = Longitud final a compresión del resorte (mm).

$Nt$  = Número de espiras total del resorte (7)

$$L_s = 30\text{mm} * 7$$

$$L_s = 210 \text{ mm}$$

Figura 53. Amortiguador de acumulación de energía (resorte)



Fuente: [http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/10846/3/PFC\\_1.pdf](http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/10846/3/PFC_1.pdf)

#### 4.9 Análisis de la estructura del recinto o hueco

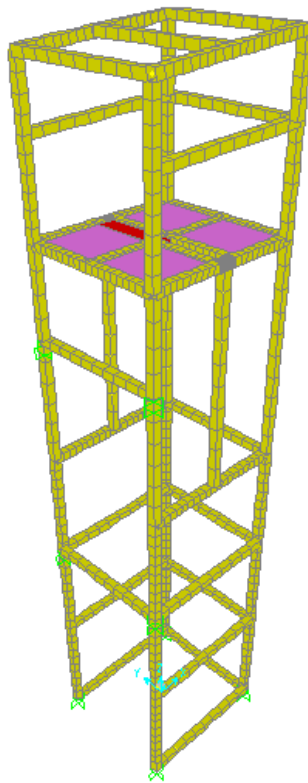
El recinto del ascensor, o hueco como lo denomina la Norma EN 81-1, es una parte fundamental del ascensor puesto que es el espacio, exclusivamente destinado al desplazamiento del ascensor y en su parte superior lleva montado el grupo tractor el cual permite el funcionamiento del ascensor.

**4.9.1 Hipótesis.** Para el cálculo del recinto se considera que es un elemento esbelto y debe ser calculado con el criterio de estabilidad, para lo cual se utiliza un software de análisis estructural, en las condiciones iniciales la carga y el momento son aplicados en un punto.

La carga aplicada será la suma del peso de la cabina y la carga nominal, que es igual a 700 Kg. El método usado para el diseño y análisis es el método ASD (Allowable stress design).

**4.9.2 Modelo.** Para la modelación geométrica se considera a la estructura como un sistema tridimensional de barras de nodos rígidos. También se consideran elementos placas que se obtienen a partir de superficies, se utilizan para modelar la plancha de la estructura.

Figura 54. Modelo geométrico



Fuente: Autores

**4.9.3 Materiales.** El material de los elementos estructurales, al tratarse de acero se considera como elástico lineal.

En la siguiente tabla se muestran los materiales utilizados con sus respectivas propiedades mecánicas.

Tabla 14. Materiales utilizados

Denominación	Norma	Propiedad Mecánica	Marca/Fabricante
Tubo cuadrado estructural	ASTM A-569	Fluencia = 2800 Kg/cm <sup>2</sup>	IPAC
Plancha laminada en caliente e = 5mm	ASTM A-36	Fluencia = 2531 Kg/cm <sup>2</sup>	IPAC

Fuente: Autores

**4.9.4 Perfiles.** Los perfiles que se utilizarán para la construcción de la estructura del pozo son tubo estructural cuadrado de 100x4 mm, el cual se emplea para el levantamiento vertical de la estructura, en la base del pozo y para la base del cuarto de máquinas.

Los tubos cuadrados de 100x3 mm se utilizan para las partes transversales de la estructura.

La plancha laminada en caliente con un e = 5mm, se utiliza para la base del cuarto de máquinas

**4.9.5 Estados de carga.** En esta etapa se pretende definir los estados de carga que luego van a ser aplicadas en el modelo de la estructura a diseñar en este proyecto. Se entiende como estados de carga las fuerzas, presiones, momentos, etc., a los que va a estar sometida la estructura. Estas cargas se ejercen por acción de la maquinaria o el personal de trabajo y por la acción de eventos naturales como viento, sismo o granizo.

*Estado 1-Carga muerta.* De acuerdo al Código Ecuatoriano de la Construcción, la carga muerta se define como aquella carga vertical que se considera constante en magnitud y localización, debido al peso de todos los elementos estructurales y no estructurales permanentes en un edificio, tales como: paredes, pisos, techo y equipo fijo de servicio.

Como los cálculos de las cargas muertas son estimados, se ha realizado un croquis preliminar donde se puede hacer una estimación de la carga muerta que soportará la estructura. Se ha colocado un 20 % más del peso de la estructura por accesorios.

*Estado 2-Carga viva.* La carga viva es la carga sobrepuesta por el uso y ocupación del ascensor, sin incluir la carga debida al viento, la carga por movimientos sísmicos o

carga muerta. Pueden ser causadas por los pesos de los objetos colocados temporalmente sobre una estructura, por ejemplo: personal, mobiliario, empuje de cargas de almacenes, etc.

$$P_p = 700kg$$

$$A = (1600 \times 1800) = 2880000mm^2$$

$$Presión = 2,43 \times 10^{-4} kg/mm^2 = 0,0243 kg/cm^2$$

*Estado 3- Carga por granizo.* Se ha considerado dos parámetros para la estimación de la carga de granizo sobre la estructura del ascensor. Entre ellos se puede mencionar la situación geográfica, el clima seco de la zona, se puede decir que el granizo que precipita sobre la cubierta de la estructura no permanece por largos periodos de tiempo sobre ella.

La altura del granizo está recomendada entre 1 a 3 cm, y el peso específico  $\gamma = 1000 kg/m^3$ .

Por lo tanto se tiene una carga por granizo de:

$$C_G = 1cm * 1000 \frac{kg}{m^3} * \frac{1m}{100cm} * (1,6 * 1,8)m^2$$

$$C_G = 28,8 kg$$

*Estado 4-Carga por sismo.* Los sismos producen cargas sobre una estructura por medio de la interacción del movimiento del suelo y las características de respuesta de la estructura. Esas cargas resultan de la distorsión en la estructura causada por el movimiento del suelo y la resistencia lateral de ésta. Sus magnitudes dependen de la velocidad y tipo de aceleraciones del suelo, así como de la masa y rigidez de la estructura.

Estas cargas se pueden determinar como fuerzas estáticas horizontales aplicadas a las masas de la estructura.

Para calcular la carga por sismo se considera la siguiente ecuación:

$$V = \frac{I_x S_a}{R_x \phi_p \phi_e} x W \quad (61)$$

Dónde:

$I$  = Tipo de uso, destino o importancia de la estructura.

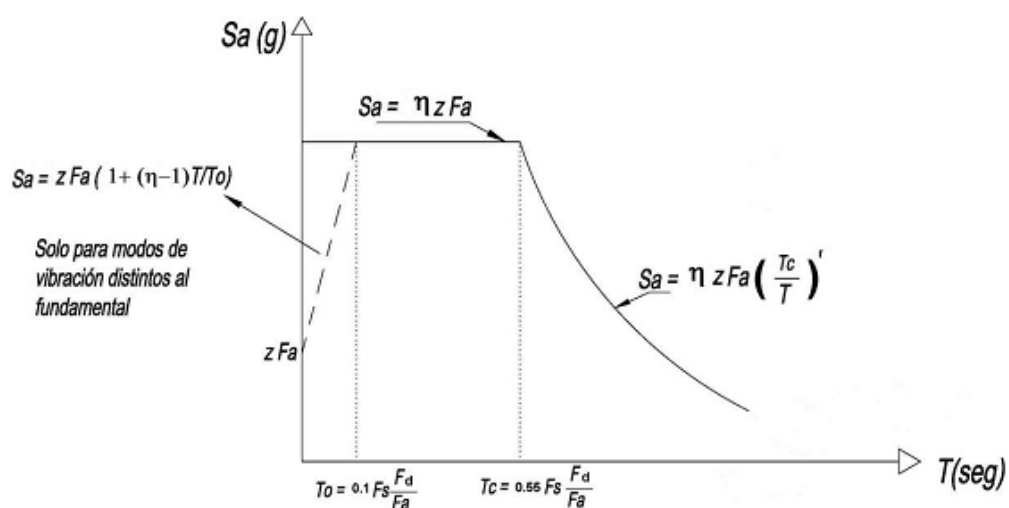
De la tabla 15 se obtiene que  $I = 1$ .

Tabla 15. Tipo de uso, destino e importancia de la estructura

Categoría	Tipo de uso, destino e importancia	Factor
Edificaciones esenciales y/o peligrosas	Hospitales, clínicas, centros de salud o de emergencia sanitaria. Instalaciones militares, de policía, bomberos, defensa civil. Garajes o estacionamientos para vehículos y aviones que atienden emergencias. Torres de control aéreo. Estructuras de centros de telecomunicaciones u otros centros de atención de emergencia. Estructuras que albergan equipos de generación, transmisión y distribución eléctrica. Tanques u otras estructuras utilizadas para depósito de agua u otras sustancias anti-incendio. Estructuras que albergan depósitos tóxicos, explosivos, químicos u otras sustancias peligrosas.	1,5
Estructuras de ocupación especial	Museos, iglesias, escuelas y centros de educación o deportivos que albergan más de trescientas personas. Todas las estructuras que albergan más de cinco mil personas. Edificios públicos que requieren operar continuamente.	1,3
Otras estructuras	Todas las estructuras de edificación y otras que no clasifican dentro de las categorías anteriores.	1,0

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Figura 55. Espectro sísmico elástico, que representa el sismo de diseño



Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.



$$S_a = \eta Z F_a \left( \frac{T_c}{T} \right)^r \quad (62)$$

Dónde:

$S_a$  = Aceleración espectral correspondiente al espectro de respuesta elástico para diseño.

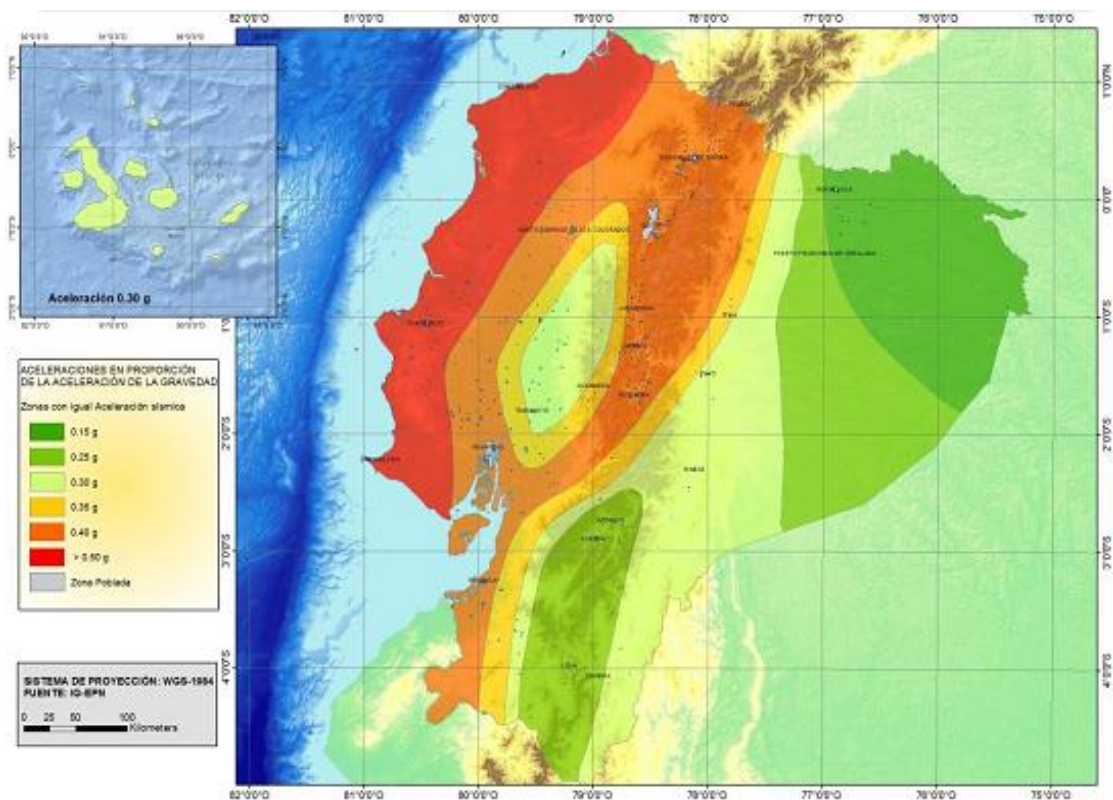
$\eta$  = Amplificación espectral.

$\eta = 2.48$  Para provincias de la sierra como lo menciona el NEC (Norma Ecuatoriana de la Construcción).

$Z$  = Factor de zona sísmica.

De la figura 56 y la tabla 16 se obtiene el valor de  $Z = 0,4$ .

Figura 56. Mapa para diseño sísmico.



Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

Tabla 16. Valores de factor Z en función de la zona sísmica adoptada.

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0,15	0,25	0,30	0,35	0,40	≥ 0,50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

$r = 1$ , depende del tipo de suelo, para nuestro caso es un tipo de suelo B, como se indica en el anexo C.

$$T_c = 0.55 F_s \frac{F_d}{F_a} \quad (63)$$

Dónde:

$T_c$  = Límite del periodo de vibración.

$F_s, F_d, F_a$  = Coeficientes de amplificación.

Cuyos valores dependen la zona sísmica Z, y el tipo de suelo, los cuales son:

$$F_a = 1$$

$$F_d = 1$$

$$F_s = 0.75$$

Estos valores se pueden observar en las siguientes tablas.

Tabla 17. Tipo de suelo y factores de sitio  $F_a$

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
	valor Z (Aceleración esperada en roca, 'g)	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.5
A		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B		1	1	1	1	1	1
C		1.4	1.3	1.25	1.23	1.2	1.18
D		1.6	1.4	1.3	1.25	1.2	1.12
E		1.8	1.5	1.39	1.26	1.14	0.97
F		ver nota	ver nota	ver nota	ver nota	ver nota	ver nota

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

Tabla 18. Tipo de suelo y factores de sitio Fd

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
	valor Z (Aceleración esperada en roca, 'g)	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A		0.9	0.9	0.9	0.9	0.9	0.9
B		1	1	1	1	1	1
C		1.6	1.5	1.4	1.35	1.3	1.25
D		1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3
E		2.1	1.75	1.7	1.65	1.6	1.5
F		ver nota	ver nota	ver nota	ver nota	ver nota	ver nota

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

Tabla 19. Tipo de suelo y factores de sitio Fs

Tipo de perfil del subsuelo	Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
	valor Z (Aceleración esperada en roca, 'g)	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥0.5
A		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
B		0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
C		1	1.1	1.2	1.25	1.3	1.45
D		1.2	1.25	1.3	1.4	1.5	1.65
E		1.5	1.6	1.7	1.8	1.9	2
F		ver nota	ver nota	ver nota	ver nota	ver nota	ver nota

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción

Por lo tanto  $T_c = 0.4125$

$$T = C_t h_n^\alpha \quad (64)$$

Dónde:

$T$  = Periodo de vibración

$C_t = 0.073$ ,  $\alpha = 0.75$  Para estructuras de acero con arriostramientos.

$h_n = 9\text{m}$ . Altura máxima de la estructura.

Por lo tanto  $T = 0.38$

Por lo que se obtiene que la aceleración espectral  $S_a$  es igual a:

$$S_a = 2.48 \times 0.4 \times 1 \left( \frac{0.4125}{0.38} \right)^1 = 1.076$$

R = Factor de reducción de respuesta estructural.

De la tabla 20, por ser estructura de acero R = 7.

Tabla 20. Valores de coeficientes de reducción de respuesta estructural R.

Valores del coeficiente de reducción de respuesta estructural R, Sistemas Estructurales Dúctiles	
Sistemas Duales	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras, sean de hormigón o acero laminado en caliente.	7
Pórticos de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas) o con muros estructurales de hormigón armado.	7
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente con diagonales rigidizadoras (excéntricas o concéntricas).	7
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas banda, con muros estructurales de hormigón armado o con diagonales rigidizadoras.	6
Pórticos resistentes a momentos	
Pórticos especiales sismo resistentes, de hormigón armado con vigas descolgadas.	6
Pórticos especiales sismo resistentes, de acero laminado en caliente o con elementos armados de placas.	6
Pórticos con columnas de hormigón armado y vigas de acero laminado en caliente.	6
Otros sistemas estructurales para edificaciones	
Sistemas de muros estructurales dúctiles de hormigón armado.	5
Pórticos especiales sismo resistentes de hormigón armado con vigas banda.	5

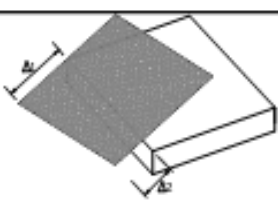
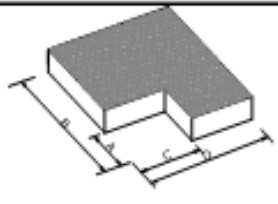
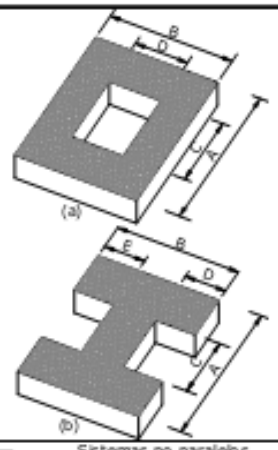
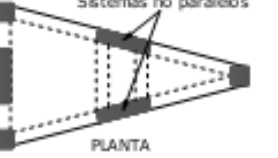
Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

$\Phi_p$  y  $\Phi_e$  = Factores de configuración estructural en Planta y en elevación.

De la tabla 21 y 22 respectivamente.  $\Phi_p = 1$  y  $\Phi_e = 1$

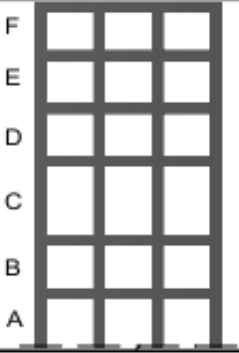
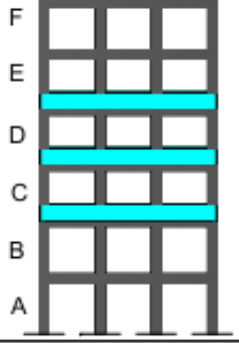
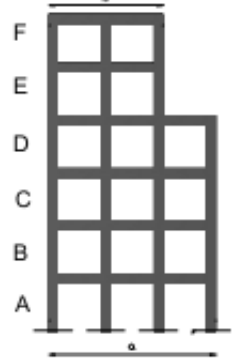
Como la estructura no completa ninguno de los tipos de irregularidades descritas en la tabla 21 y 22, en ninguno de sus pisos  $\Phi_p$  y  $\Phi_e$  tomarán el valor de 1.

Tabla 21. Coeficientes de configuración en planta.

<b>IRREGULARIDAD PENALIZADA EN PLANTA</b> <b>IRREGULARIDADES PERMITIDAS EN PLANTA</b>	
<p><b>Tipo 1</b> - Irregularidad torsional</p> <p><math>\phi_T=0.9</math></p> <p><math>\Delta &gt; 1.2 \frac{(\Delta 1 + \Delta 2)}{2}</math></p> <p>Existe irregularidad por torsión, cuando la máxima deriva de piso de un extremo de la estructura calculada incluyendo la torsión accidental y medida perpendicularmente a un eje determinado, es mayor que 1,2 veces la deriva promedio de los extremos de la estructura con respecto al mismo eje de referencia. La torsión accidental se define en el numeral 6.4.2 del presente código.</p>	
<p><b>Tipo 2</b> - Retrocesos excesivos en las esquinas <math>\phi_P=0.9</math></p> <p><math>A &gt; 0.15B</math> y <math>C &gt; 0.15D</math></p> <p>La configuración de una estructura se considera irregular cuando presenta entrantes excesivos en sus esquinas. Un entrante en una esquina se considera excesivo cuando las proyecciones de la estructura, a ambos lados del entrante, son mayores que el 15% de la dimensión de la planta de la estructura en la dirección del entrante.</p>	
<p><b>Tipo 3</b> - Discontinuidades en el sistema de piso</p> <p><math>\phi_T=0.9</math></p> <p>a) <math>C \times D &gt; 0.5A \times B</math></p> <p>b) <math>[C \times D + C \times E] &gt; 0.5A \times B</math></p> <p>La configuración de la estructura se considera irregular cuando el sistema de piso tiene discontinuidades apreciables o variaciones significativas en su rigidez, incluyendo las causadas por aberturas, entrantes o huecos, con áreas mayores al 50% del área total del piso o con cambios en la rigidez en el plano del sistema de piso de más del 50% entre niveles consecutivos.</p>	
<p><b>Tipo 4</b> - Ejes estructurales no paralelos</p> <p><math>\phi_T=0.9</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando los ejes estructurales no son paralelos o simétricos con respecto a los ejes ortogonales principales de la estructura.</p>	 <p>Sistemas no paralelos</p> <p>PLANTA</p>
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Tabla 22. Coeficiente de configuración en elevación.

<b>IRREGULARIDAD PENALIZADA EN ELEVACIÓN</b>	
<p><b>Tipo 1 - Piso flexible</b>  <math>\phi_{Ei}=0.9</math>  Rigidez <math>K_c &lt; 0.70</math> Rigidez <math>K_o</math>  <math>Rigidez &lt; 0.80 \frac{(K_D + K_E + K_F)}{3}</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando la rigidez lateral de un piso es menor que el 70% de la rigidez lateral del piso superior o menor que el 80 % del promedio de la rigidez lateral de los tres pisos superiores.</p>	
<p><b>Tipo 2 - Distribución de masa</b>  <math>\phi_{Ei}=0.9</math>  <math>m_D &gt; 1.50 m_E</math> ó  <math>m_D &gt; 1.50 m_C</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando la masa de cualquier piso es mayor que 1,5 veces la masa de uno de los pisos adyacentes, con excepción del piso de cubierta que sea más liviano que el piso inferior.</p>	
<p><b>Tipo 3 - Irregularidad geométrica</b>  <math>\phi_{Ei}=0.9</math>  <math>a &gt; 1.3 b</math></p> <p>La estructura se considera irregular cuando la dimensión en planta del sistema resistente en cualquier piso es mayor que 1,3 veces la misma dimensión en un piso adyacente, exceptuando el caso de los altillos de un solo piso.</p>	
<p>Nota: La descripción de estas irregularidades no faculta al calculista o diseñador a considerarlas como normales, por lo tanto la presencia de estas irregularidades requiere revisiones estructurales adicionales que garanticen el buen comportamiento local y global de la edificación.</p>	

Fuente: Norma Ecuatoriana de la Construcción.

Por lo tanto la cortante basal es de:

$$V = \frac{IxS_a}{Rx\phi_p x \phi_e} = \frac{1x1,076}{7x1x1}$$

$$V = 0,154 \text{ Kg/cm}$$

**4.9.6 Combinaciones de cargas.** Las estructuras de las cubiertas deben ser diseñadas de tal manera que resistan los esfuerzos determinados por siguientes combinaciones de cargas básicas, según el método ASD (Allowable strength design).

1: Muerta (D)

2: Muerta (D) + Viva (L)

3: Muerta (D) + Viva de techo por montaje (Lr)

4: Muerta (D) + Granizo (S)

5: Muerta (D) + 0,75 Viva (L) + 0,75 Viva de techo por montaje (Lr)

6: Muerta (D) + 0,75 Viva (L) + 0,75 Granizo (S)

7: Muerta (D) + 0,7 Sismo (E)

8: Muerta (D) + 0,525 Sismo (E) + 0,75 Viva (L) + 0,75 Viva de techo por montaje (Lr)

9: Muerta (D) + 0,525 Sismo (E) + 0,75 Viva (L) + 0,75 Granizo (S)

10: 0,6 Muerta (D)

11: 0,6 Muerta (D) + 0,7 Sismo (E)

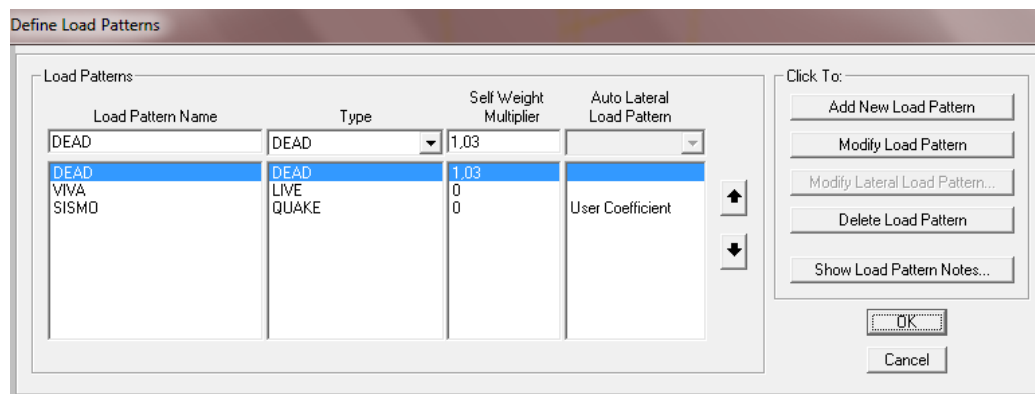
**4.9.7 Asignación de cargas.** Se proceden a asignar las cargas que serán aplicadas sobre la estructura, es muy importante que las cargas sean asignadas correctamente y específicamente a los elementos que la soportarán.

Los valores correctos y factores apropiados definirán un diseño coherente.

Como se mencionó anteriormente, la *carga muerta* se refiere a la carga vertical debida al peso de todos los componentes estructurales y no estructurales permanentes en un edificio. Esta carga se considera constante en magnitud y localización.

Para la carga muerta como se indica en la figura, se ha colocado un 20 % más del peso de la estructura por accesorios.

Figura 57. Aplicación de la carga muerta.

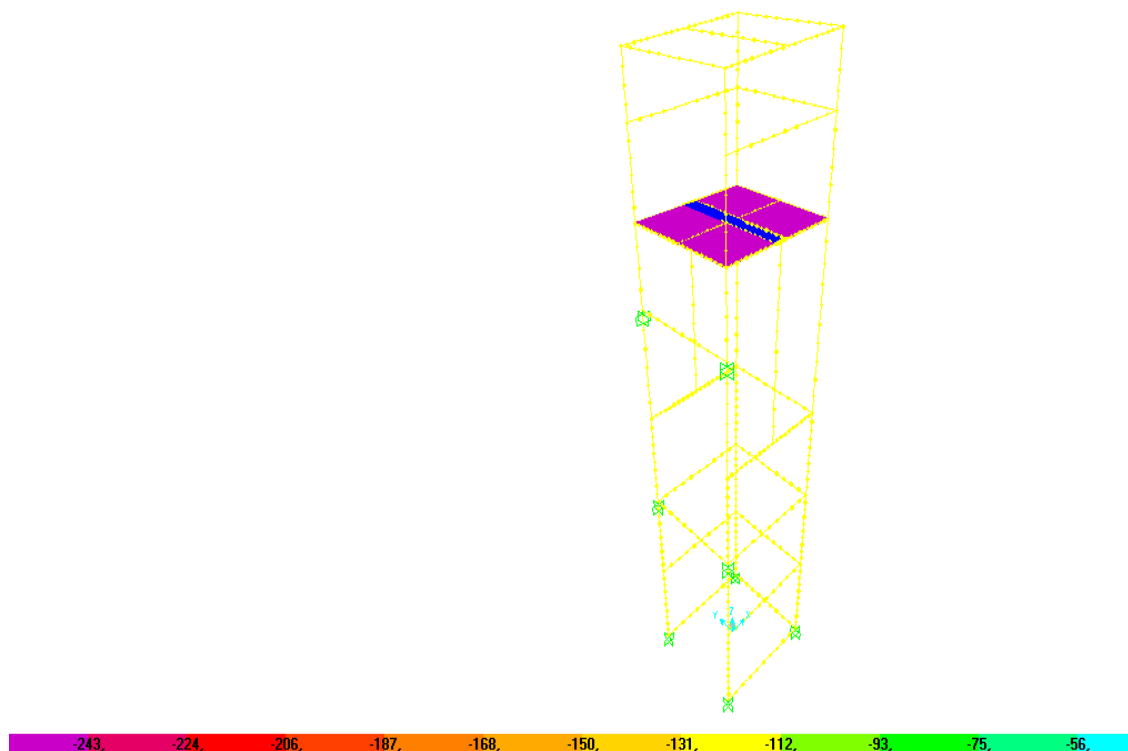


Fuente: Autores

En cuanto a las *cargas vivas*, se tiene la aplicación de las cargas ejercidas por los elementos que representan a la cabina del ascensor y la carga nominal. Éstas son cargas que se las consideran uniformes que se aplican en la estructura.

Después de la asignación de las cargas correspondientes, las cargas aplicadas se visualizan como áreas, como se observa en la figura 58.

Figura 58. Aplicación de la carga viva.



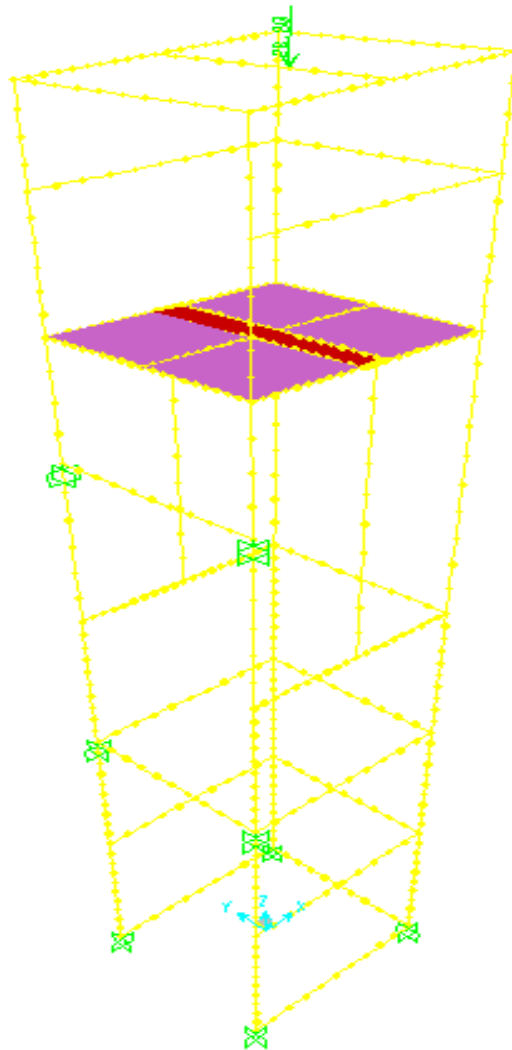
Fuente: Autores



Como se estableció para la *carga por granizo* el valor de 28.8, el mismo que será aplicado de forma puntual en el elemento de la cubierta que es el que soportará dicha carga.

La visualización de la carga de granizo aplicada se observa en la siguiente figura.

Figura 59. Aplicación de la carga por granizo.



Fuente: Autores

La carga por *sismo* es una carga puntual sobre la estructura.

Fuente: Autores

**4.9.8 Condiciones de apoyo.** Los tipos de apoyo de la estructura son de empotramiento, donde todos sus grados de libertad son restringidos.

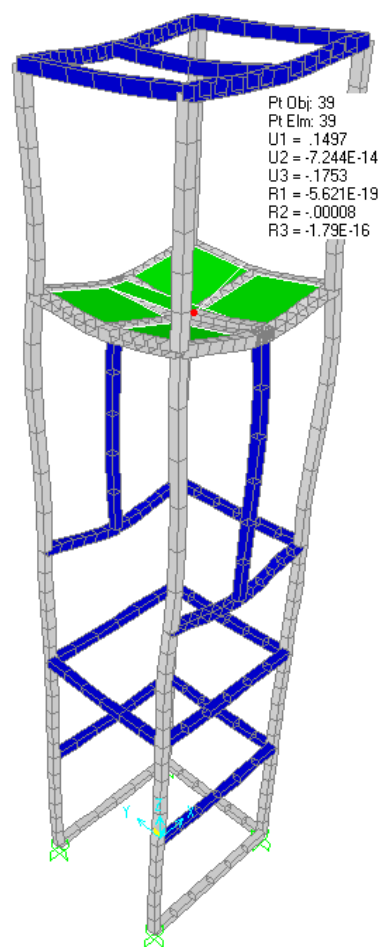
**4.9.9 Pre-proceso.** En esta etapa se analizan y evalúan los resultados obtenidos. Para un diseño estructural se debe cumplir con los requerimientos de resistencia y rigidez.

Para los requerimientos de resistencia la estructura debe ser capaz de resistir en forma estable y bajo ciertos márgenes de seguridad las solicitaciones que el proceso industrial o la naturaleza le imponen.

En los requerimientos de rigidez las solicitaciones de ocurrencia normal o eventual no deben producir deformaciones o vibraciones de la estructura que alteren el proceso productivo, provoquen daños en elementos no estructurales, perjudiquen la estética del edificio, originen temor o desconfianza entre los usuarios.

La figura 61 indica el valor de la deformación de la estructura del techo, que corresponde a  $U_3 = -0,1753$  mm, esto quiere decir que está dentro del rango de deformación, ya que  $L/240 = 7,5$  mm para  $L = 1800$  mm.

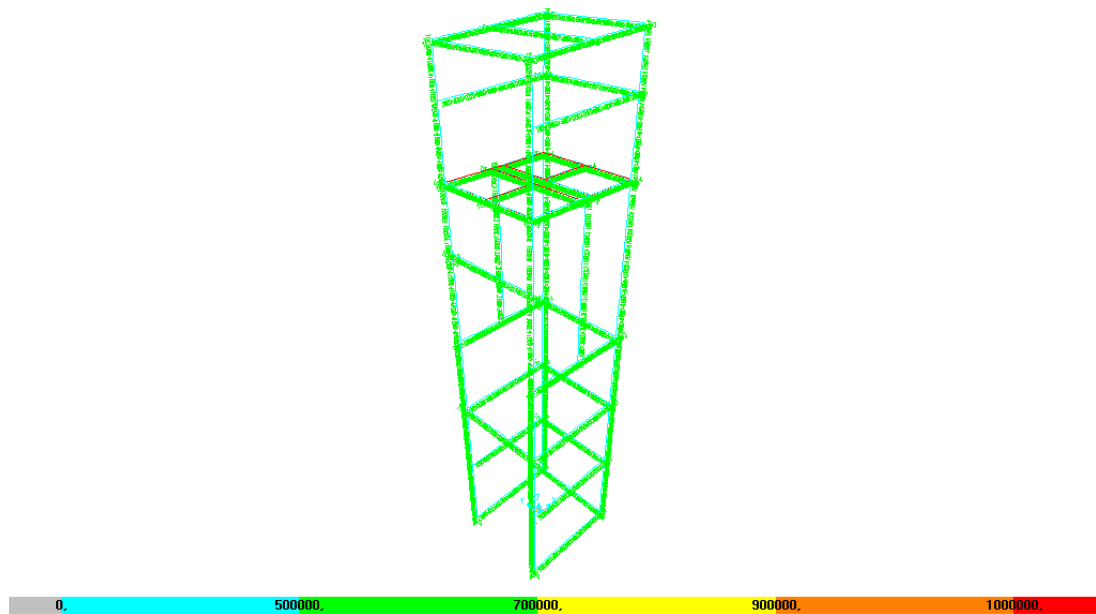
Figura 61. Deformación de la estructura del pozo.



Fuente: Autores

**4.9.10 Post-proceso.** A continuación se muestra los resultados calculados en el programa, correspondientes a los estados de carga aplicados y la resultante de las razones de esfuerzo.

Figura 62. Análisis de las razones demanda/capacidad de la estructura del pozo.



Fuente: Autores

Como se puede observar no existen elementos que estén pintados de color rojo, lo que significa que no han sobrepasado el valor máximo de la razón de esfuerzo (Razón de esfuerzo  $\leq 1$ ).

Bajo el punto de vista del análisis tensional y deformacional bajo el estado de cargas combinadas en condiciones extremas, vemos que la estructura simulada en el programa de análisis estructural satisface los requerimientos de resistencia y rigidez.

#### **4.10 Análisis de la estructura de la cabina.**

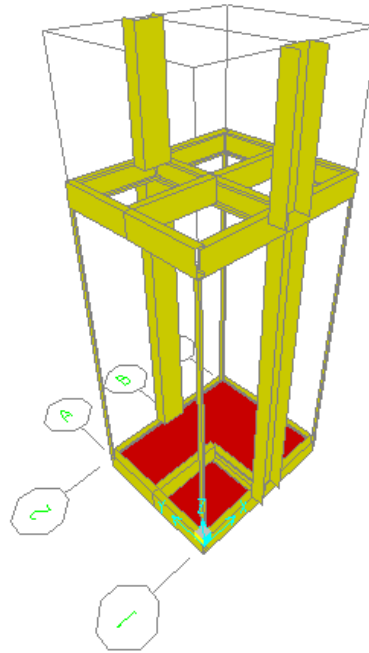
Como se mencionó anteriormente la cabina es el elemento donde viajan los pasajeros, va dentro del chasis por lo que su diseño es muy importante.

**4.10.1 Hipótesis.** De igual forma para el cálculo de la estructura se considera como un elemento esbelto y debe ser calculado con el criterio de estabilidad, en las condiciones iniciales la carga es aplicada en un punto.

La carga aplicada será igual a 300 Kg. El método usado para el diseño y análisis es el método ASD (Allowable stress design).

**4.10.2 Modelo.** Para la modelación geométrica se considera a la estructura como un sistema tridimensional de barras de nodos rígidos. También se consideran elementos placas que se obtienen a partir de superficies, se utilizan para modelar la plancha de la estructura.

Figura 63. Modelo geométrico



Fuente: Autores

**4.10.3 Materiales.** El material de los elementos estructurales, al tratarse de acero se considera como elástico lineal.

Tabla 23. Materiales utilizados

Denominación	Norma	Propiedad Mecánica	Marca/Fabricante
Perfil estructural "C"	ASTM A-36	Fluencia = 2531 Kg/cm <sup>2</sup>	IPAC
Perfil estructural "G"	ASTM A-36	Fluencia = 2531 Kg/cm <sup>2</sup>	IPAC
Plancha laminada en caliente e = 5mm	ASTM A-36	Fluencia = 2531 Kg/cm <sup>2</sup>	IPAC

Fuente: Autores

**4.10.4 Perfiles.** Los perfiles que se utilizarán para la construcción de la estructura de la cabina son perfil estructural “C” de 200x100x4 mm, el cual se emplea para las columnas (escaleras) de la estructura.

Los perfiles estructurales “G” de 100x50x15x4 mm se utilizan para las bases del piso y techo de la cabina.

La plancha laminada en caliente con un  $e = 5\text{mm}$ , se utiliza para la base del piso de cabina.

**4.10.5 Estados de carga.** Se entiende como estados de carga las fuerzas, presiones, momentos, etc., a los que va a estar sometida la estructura. Estas cargas se ejercen por acción de la maquinaria o el personal de trabajo y por la acción de eventos naturales como viento, sismo o granizo.

*Estado 1-Carga muerta.* De acuerdo al Código Ecuatoriano de la Construcción, la carga muerta se define como aquella carga vertical que se considera constante en magnitud y localización, debido al peso de todos los elementos estructurales y no estructurales permanentes en un edificio, tales como: paredes, pisos, techo y equipo fijo de servicio.

Como los cálculos de las cargas muertas son estimados, se ha realizado un croquis preliminar donde se puede hacer una estimación de la carga muerta que soportará la estructura. Se ha colocado un 20 % más del peso de la estructura por accesorios.

*Estado 2-Carga viva.* La carga viva es la carga sobrepuesta por el uso y ocupación del ascensor, sin incluir la carga debida al viento, la carga por movimientos sísmicos o carga muerta. Estas son causadas por la carga nominal y por la carga del personal de mantenimiento la cual es una carga temporal.

$$P_p = 300kg$$

$$A = (1000 \times 1200) = 1200000\text{mm}^2$$

$$\text{Presión} = 2,5 \times 10^{-4} \text{kg/mm}^2$$

*Estado 3-Carga por sismo.* Los sismos producen cargas sobre una estructura por medio de la interacción del movimiento del suelo y las características de respuesta de

la estructura. Esas cargas resultan de la distorsión en la estructura causada por el movimiento del suelo y la resistencia lateral de ésta. Sus magnitudes dependen de la velocidad y tipo de aceleraciones del suelo, así como de la masa y rigidez de la estructura.

Estas cargas se pueden determinar cómo fuerzas estáticas horizontales aplicadas a las masas de la estructura.

Para calcular la carga por sismo se considera la siguiente ecuación:

$$V = \frac{IxS_a}{Rx\phi_p\phi_e} xW$$

La altura de la estructura de la cabina es de 2,30 m. Por lo tanto con los datos obtenidos de las tablas anteriores para el análisis de la estructura del pozo se tiene que la cortante basal es de:

$$V = 0,43 \text{ kg/cm}$$

**4.10.6 Combinaciones de cargas.** Las combinaciones de cargas básicas, según el método ASD (Allowable strength design).

1: Muerta (D)

2: Muerta (D) + Viva (L)

3: Muerta (D) + Viva de techo por mantenimiento (Lr)

4: Muerta (D) + 0,75 Viva (L) + 0,75 Viva de techo por mantenimiento (Lr)

5: Muerta (D) + 0,7 Sismo (E)

6: Muerta (D) + 0,525 Sismo (E) + 0,75 Viva (L) + 0,75 Viva de techo por mantenimiento (Lr)

7: 0,6 Muerta (D)

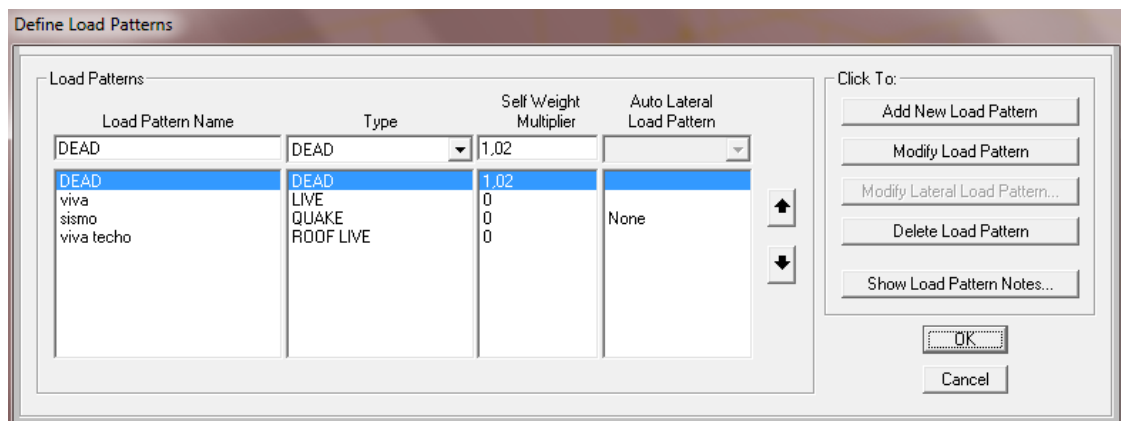
8: 0,6 Muerta (D) + 0,7 Sismo (E)

**4.10.7 Asignación de cargas.** A continuación se proceden a asignar las cargas que serán aplicadas sobre la estructura de la cabina.

Como se mencionó anteriormente, la *carga muerta* se refiere a la carga vertical debida al peso de todos los componentes estructurales y no estructurales permanentes en un edificio. Esta carga se considera constante en magnitud y localización.

Para la carga muerta como se indica en la figura, se ha colocado un 20 % más del peso de la estructura por accesorios.

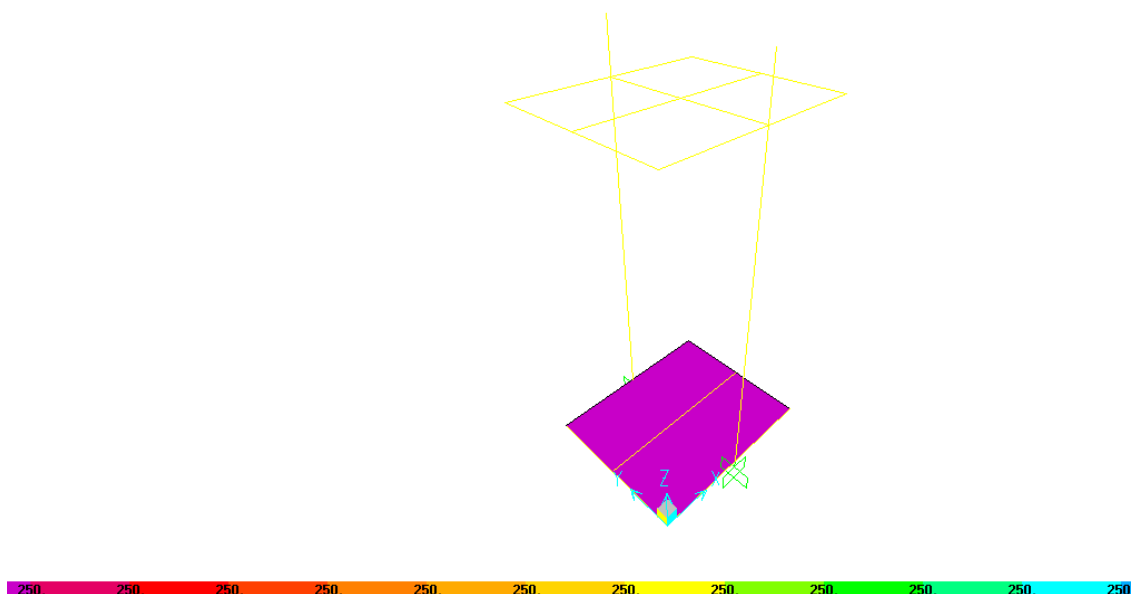
Figura 64. Aplicación de la carga muerta.



Fuente: Autores

Las *cargas vivas* se aplican sobre la base del piso de la cabina, como se dijo anteriormente estas cargas se las considera uniformes y se aplican en la estructura siguiendo la dirección de la gravedad, estas cargas se representan en forma de área como se muestra en la siguiente figura.

Figura 65. Aplicación de la carga viva.

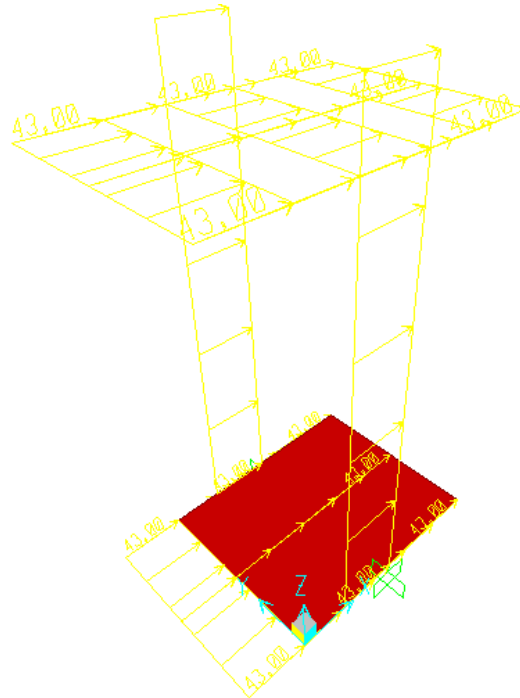


Fuente: Autores



La *carga por sismo* es una carga de forma horizontal sobre toda la estructura, su resultado es el siguiente.

Figura 66. Aplicación de la carga por sismo.



Fuente: Autores

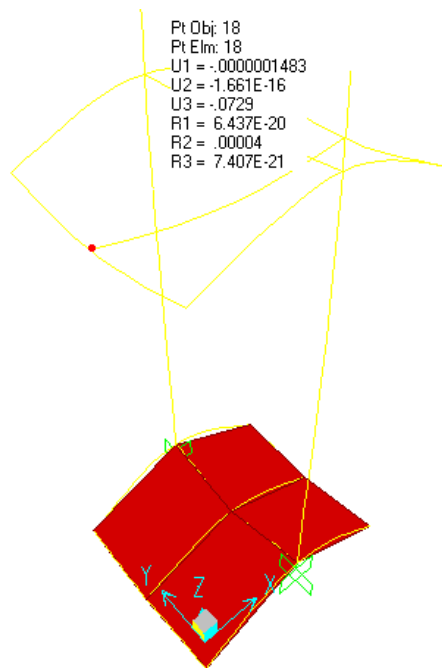
**4.10.8 Condiciones de apoyo.** Los tipos de apoyo de la estructura son de empotramiento, donde todos sus grados de libertad son restringidos.

**4.10.9 Pre-proceso.** En esta etapa se analizan y evalúan los resultados obtenidos. Para un diseño estructural se debe cumplir con los requerimientos de resistencia y rigidez.

Para los requerimientos de resistencia la estructura debe ser capaz de resistir en forma estable y bajo ciertos márgenes de seguridad las solicitaciones que el proceso industrial o la naturaleza le imponen.

En los requerimientos de rigidez las solicitaciones de ocurrencia normal o eventual no deben producir deformaciones o vibraciones de la estructura que alteren el proceso productivo, provoquen daños en elementos no estructurales, perjudiquen la estética del edificio, originen temor o desconfianza entre los usuarios.

Figura 67. Deformación de la estructura de la cabina.

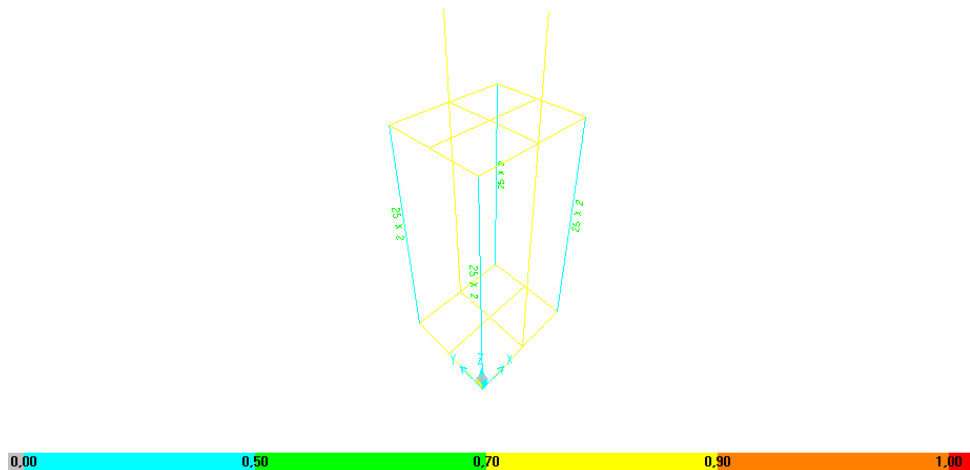


Fuente: Autores

La figura 67 indica el valor de la deformación de la estructura del techo, que corresponde a  $U_3 = -0,0729$  mm, esto quiere decir que está dentro del rango de deformación, ya que  $L/240 = 5$  mm para  $L = 1200$  mm.

**4.10.10** *Post-proceso.* A continuación se muestra los resultados calculados en el programa, correspondientes a los estados de carga aplicados y la resultante de las razones de esfuerzo.

Figura 68. Análisis de las razones demanda/capacidad de la estructura de la cabina



Fuente: Autores

Como se puede observar no existen elementos que estén pintados de color rojo, lo que significa que no han sobrepasado el valor máximo de la razón de esfuerzo (Razón de esfuerzo  $\leq 1$ ).

Como vemos la estructura simulada en el programa de análisis estructural satisface los requerimientos de resistencia y rigidez.

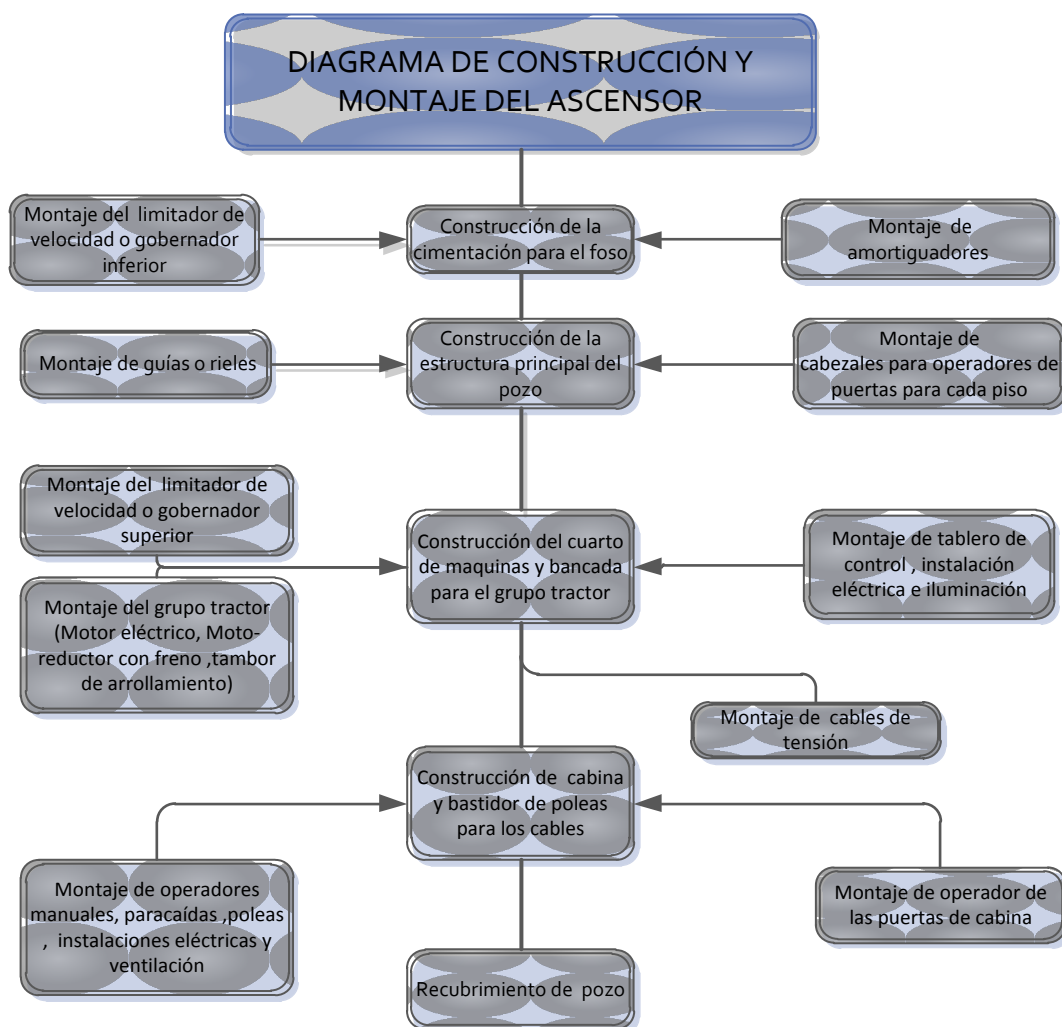
## CAPÍTULO V

### 5. CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL ASCENSOR PARA PERSONAS CON MOVILIDAD REDUCIDA

En el presente capítulo se procede a especificar los diferentes procesos utilizados en la construcción y montaje del elevador.

#### 5.1 Diagrama de construcción y montaje del ascensor

Figura 69. Diagrama de construcción y montaje del ascensor



Fuente: Autores

## **5.2 Equipos utilizados en la construcción del ascensor**

En el proceso de construcción, montaje e instalación del elevador se utilizarán las siguientes máquinas herramientas:

- Prensa de banco
- Flexómetro
- Arco de sierra
- Soldadora eléctrica
- Taladro de mano
- Taladro pedestal
- Torno
- Calibrador pie de rey
- Cuchillas para tornear
- Entenalla
- Escuadra
- Llaves
- Brocas
- Machuelos
- Destornilladores
- Roladora
- Sierra eléctrica
- Plegadora
- Remachadora
- Moladora
- Tijeras
- Remachadora
- Cortadora de aluminio

## **5.3 Procedimiento de construcción**

En las tablas siguientes se muestra cada uno de los procesos de construcción en diferentes etapas, en los cuales incluyen sus elementos y el material del cual se construye.

Tabla 24. Partes constructivas de la cabina

SISTEMAS	ELEMENTO	CANT.	MATERIAL/MODELO
<b>Sistema estructural para la cabina</b>	Perfil o canal estructural C 150x50x3mm	1	Acero estructural ASTM A36
	Perfil o canal estructural C 200x50x3mm	1	Acero estructural ASTM A36
	Perfil o correa estructural G 150x50x15x3mm	1	Acero estructural ASTM A36
	Plancha de acero galvanizado. 1/25, 0.90 (4x8)	1	Acero galvanizado
	Ángulo 2x1/8 (50x3)	2	Acero estructural ASTM A36
	Ángulo 1x1/8 (25x3)	3	Acero estructural ASTM A36
	Acero inoxidable 430, No:40, 4x8in PVC y 0.7mm	2	Acero inoxidable 430
<b>Eje principal de transmisión , y tambor de arrollamiento</b>	Eje de transmisión. AISI 1018 de 2inx70cm	1	Acero AISI 1018 (acero de transmisión )
	Chumaceras de piso 2in	6	Acero UC211-32
	Tubo de acero (20X32)cm x6mm de espesor	1	Acero
	Tapas de acero de 26cm de diámetro	3	Acero
<b>Sistema de transmisión principal o conjunto de cuarto de máquinas.</b>	Motor trifásico de 3HP , 1750RPM, con brida y con freno	1	SITI Tipo 100L1B3
	Reductor lineal de velocidad 60/2	1	SITI MNHL
	Convertidor de frecuencia de 3HP	1	SITI MNHL
	Acople del motor y equipo Grúa Max , horizontal	1	Acero de transmisión
	Acoplamientos bridados para motor y tambor de arrollamiento (2in)	1	Acero F2
	Poleas de 30cm de diámetro y con ejes de 2in	2	Hierro
	Cables de acero con alma de yute y con auto lubricación de 3/8in y longitud 15m (6x19)	2	Acero con alma de yute (6x19)
<b>Operadores automáticos</b>	Operador de puertas tipo central de 80cm	1	Marca Mitsubishi
	Puertas exteriores con cabezales para dos paradas marca Mitsubishi	2	Marca Mitsubishi
	Cortina sensora de seguridad en la entrada de cabina.	1	Marca Mitsubishi
SISTEMAS	ELEMENTO	CANT.	MATERIAL/MODELO

<b>SISTEMA ESTRUCTURAL DEL POZO</b>	Tubo cuadrado estructural (acero ASTM A36) 100X100x4 (mm)	10	Acero ASTM A36
	Tubo cuadrado estructural (acero ASTM A36) 100X100x3 (mm) y 6m de largo para la estructura	8	Acero ASTM A36
	Perfil o ángulo. 25mmx2mm	2	Acero ASTM A36
	Vidrio templado (6mm)	17	Vidrio
	Tubo cuadrado aluminio de 7/8in	16	Aluminio
	Silicón transparente ABR	25	
	Cinta masking 18mm fantape	11	
	Remache pop 5/32 X1/2 NAT	200	
	Tubo cuadrado aluminio de 1 1/2X1 1/2in	5	
	Cinta Norton doble faz	3	
	Planchas de aluminio compuesto	64	
	Perno 1/2in x6mm	200	

Fuente: Autores

#### 5.4 Construcción y montaje

**5.4.1 Construcción del ascensor.** En la tabla 25 se detalla los tiempos empleados en construir cada elemento que conforma el elevador.

Tabla 25. Tiempos en la construcción de la cabina del elevador

<b>SISTEMA</b>	<b>ELEMENTO</b>	<b>Nº</b>	<b>OPERACIONES</b>	<b>T(h)</b>
<b>SISTEMA ESTRUCTURAL PARA LA CABINA</b>	Perfil o canal estructural C 150x50x3mm (yugo)	1	Toma de medidas	0,20
		2	Corte	0,85
		3	Pulido	0,25
		4	Empernado	0,35
		5	Escuadrado	0,15
		6	Soldado	0,30
	Perfil o canal estructural C 200x50x3mm(escalera)	7	Toma de medidas	0,25
		8	Corte	0,40
		9	Empernado	0,35
	Perfil o correa estructural G 150x50x15x3mm	10	Toma de medidas	0,30
		11	Corte	0,85
		12	Pulido	0,15
		13	Pre- soldado	0,25
		14	Escuadrado	0,10
		15	Soldado final	1,00

	Plancha de acero galvanizado. 1/25, 0.90 (4x8)	16	Corte según medidas de cabina	1,00
		17	Doblado	1,35
		18	Pegado	2,00
	Ángulo 2x1/8 (50x3) Ángulo 1x1/8 (25x3) Para techo y piso	19	Corte según medidas de cabina	0,75
		20	Soldadura	1,00
	Acero inoxidable 430, No:40, 4x8in PVC y 0.7mm	21	Corte según medidas de cabina	0,95
		22	Doblado	1,00
		23	Empernado	1,50
EJE PRINCIPAL DE TRANSMISIÓN, Y TAMBOR DE ARROLLAMIENTO	Eje de transmisión. AISI 1018 de 20x70cm	24	Refrentado	0,50
		25	Cilindrado	0,75
		26	Pulido	0,50
		27	Tolerancia (torno).	0,50
		28	Chaveteros	1,00
	Chumaceras de piso 2in	29	Acople en el eje motriz	0,50
		30	Lubricación	0,15
	Tubo de acero (20X32)cm x6mm de espesor	31	Acople en el eje de transmisión	0,35
		32	Soldadura	0,40
	Tapas de acero de 26cm de diámetro	33	Adaptadas a los lados del tubo de acero	0,15
		34	Soldadura en su perfil	0,85
SISTEMA DE TRANSMISIÓN PRINCIPAL O CONJUNTO DE CUARTO DE MÁQUINAS.	Motor trifásico de 3HP, 1420 RPM, con brida y con freno (marca SITI Tipo 100L1B3)	35	Montaje	2,00
		36	Anclaje bastidor	0,45
	Reductor lineal tipo MNHL 60/2	37	Montaje	1,50
		38	Anclaje	0,25
	Convertidor de frecuencia de 3HP	39	Montaje	1,50
		40	Anclaje	0,25
	Acoplamiento de tambor de arrollamiento y chumaceras	41	Montaje	2,00
		42	Ubicación	0,30
		43	Anclaje	1,00
	Poleas acanaladas de 30cm de diámetro y con ejes de 2in	44	Perforado	0,75
		45	Montaje	1,00
	Cables de acero con alma de yute y con auto lubricación de 3/8in (6x19)	46	Cortar a medida	0,65
		47	Montaje, centrar y sujetar en sus extremos	3,00



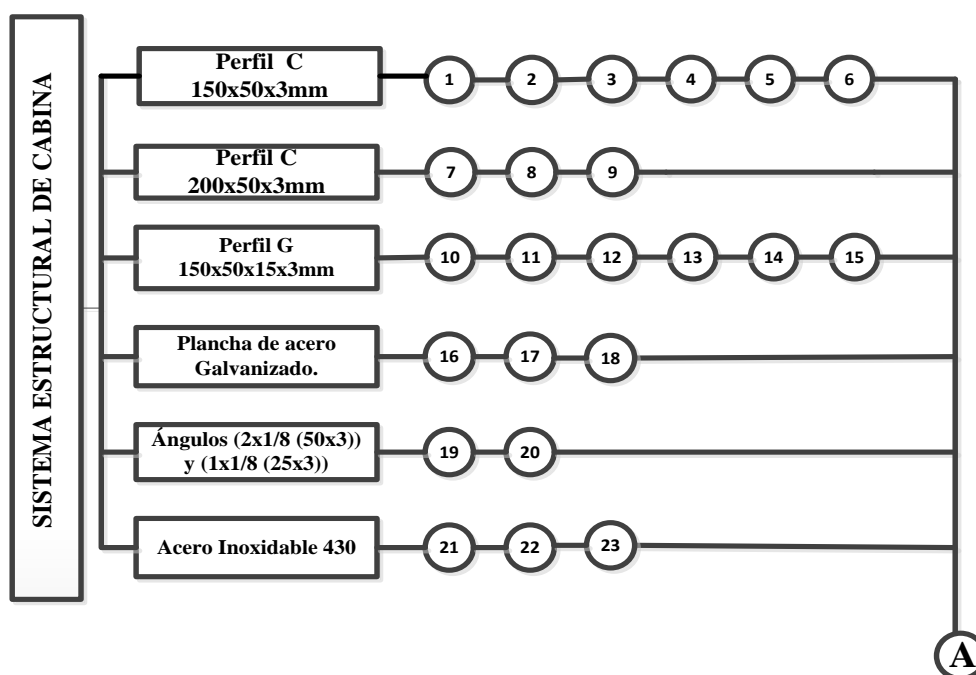
<b>OPERADORES AUTOMÁTICOS</b>	Operador de puertas tipo central de 80cm	48	Montaje	2,00
	Puertas exteriores con cabezales para dos paradas marca Mitsubishi	49	Montaje	3,00
	Cortina sensora de seguridad en la entrada de cabina.	50	Montaje	2,50
<b>SISTEMA ESTRUCTURAL DEL POZO</b>	Tubo cuadrado estructural (acero ASTM A 569)100X100x4 (mm) y 6m de largo para la estructura	51	Medir	1,00
		52	Cortar	4,00
		53	Cuadrar	0,35
		54	Soldar (electrodo 7018)	4,00
	Tubo cuadrado estructural (acero ASTM A 569 ) 100X100x3 (mm) y 6m de largo para la estructura	55	Medir	1,00
		56	Cortar	2,00
		57	Cuadrar	0,95
		58	Soldar (electrodo 7018)	8,00
	Ángulo imp. 25mmx2mm	59	Medir	0,35
		60	Cortar	0,85
		61	Empernar	2,00
	Vidrio templado (6mm)	62	Cuadrar	0,40
		63	Pegar	1,00
	Tubo cuadrado aluminio de 7/8in	64	Cortar	2,00
		65	Empernar	1,00
	Silicón transparente ABR	66	Rellenar	0,65
	Cinta masking 18mm fantape	67	Medir	0,35
		68	Cortar y pegar	0,35
	Remache pop 5/32 X1/2 NAT	69	Perforar	1,00
		70	Remachar	0,45
	Tubo cuadrado aluminio de 1 1/2X1 1/2in	71	Medir	0,35
		72	Cortar y empernar	2,35
	Cinta Norton doble faz	73	Cortar	0,35
		74	Pegar	0,45
	Planchas de aluminio compuesto	75	Medir	0,95
		76	Cortar y pegar	4,00
	Perno 1/2in x6mm	77	Colocar y ajustar	0,35

Fuente: Autores

## 5.5 Flujograma de construcción de las partes del ascensor

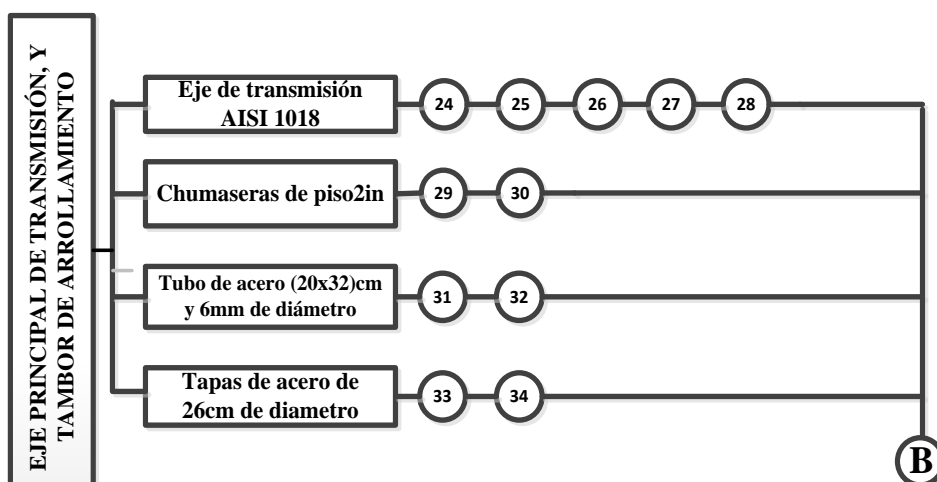
A continuación se muestran flujogramas de construcción los cuales están correlacionados con la construcción del Elevador.

Figura 70. Flujograma de construcción estructural para la cabina



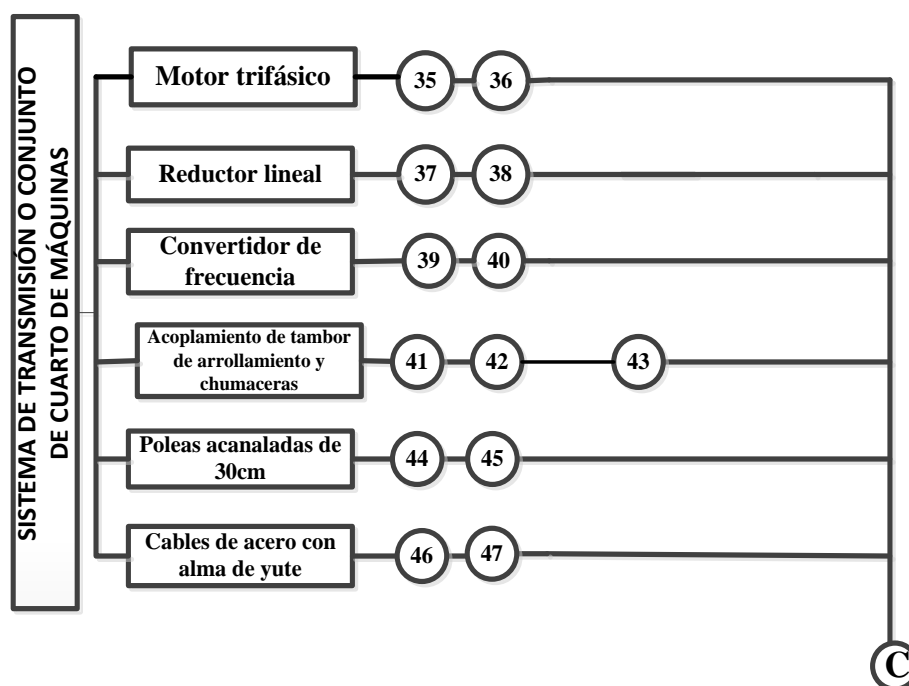
Fuente: CANDO MERINO, Danilo Rubén. HERNÁNDEZ GUILCAPI, Irma Cecilia.  
 “Diseño y Construcción de una Máquina Torcedora de Varilla Cuadrada Hasta de 1/2 pulgada en frio”. Tesis (Facultad de Mecánica, ESPOCH, 2012)

Figura 71. Eje Principal de transmisión, y tambor de arrollamiento



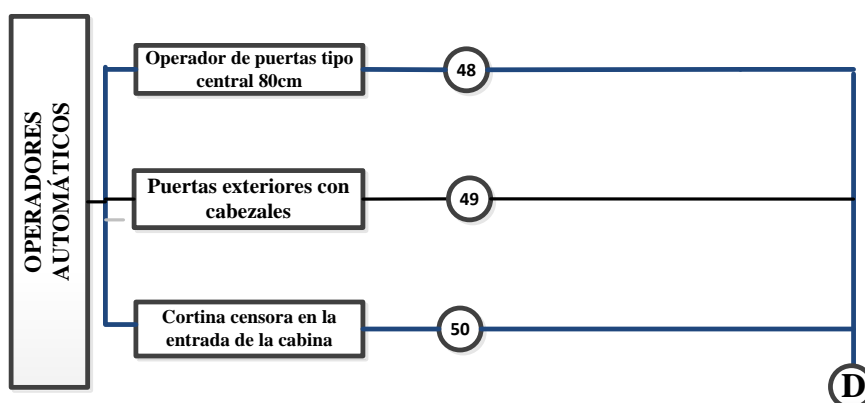
Fuente: CANDO MERINO, Danilo Rubén. HERNÁNDEZ GUILCAPI, Irma Cecilia.  
 “Diseño y Construcción de una Máquina Torcedora de Varilla Cuadrada Hasta de 1/2 pulgada en frio”. Tesis (Facultad de Mecánica, ESPOCH, 2012)

Figura 72. Sistema de transmisión principal o conjunto de cuarto de máquinas



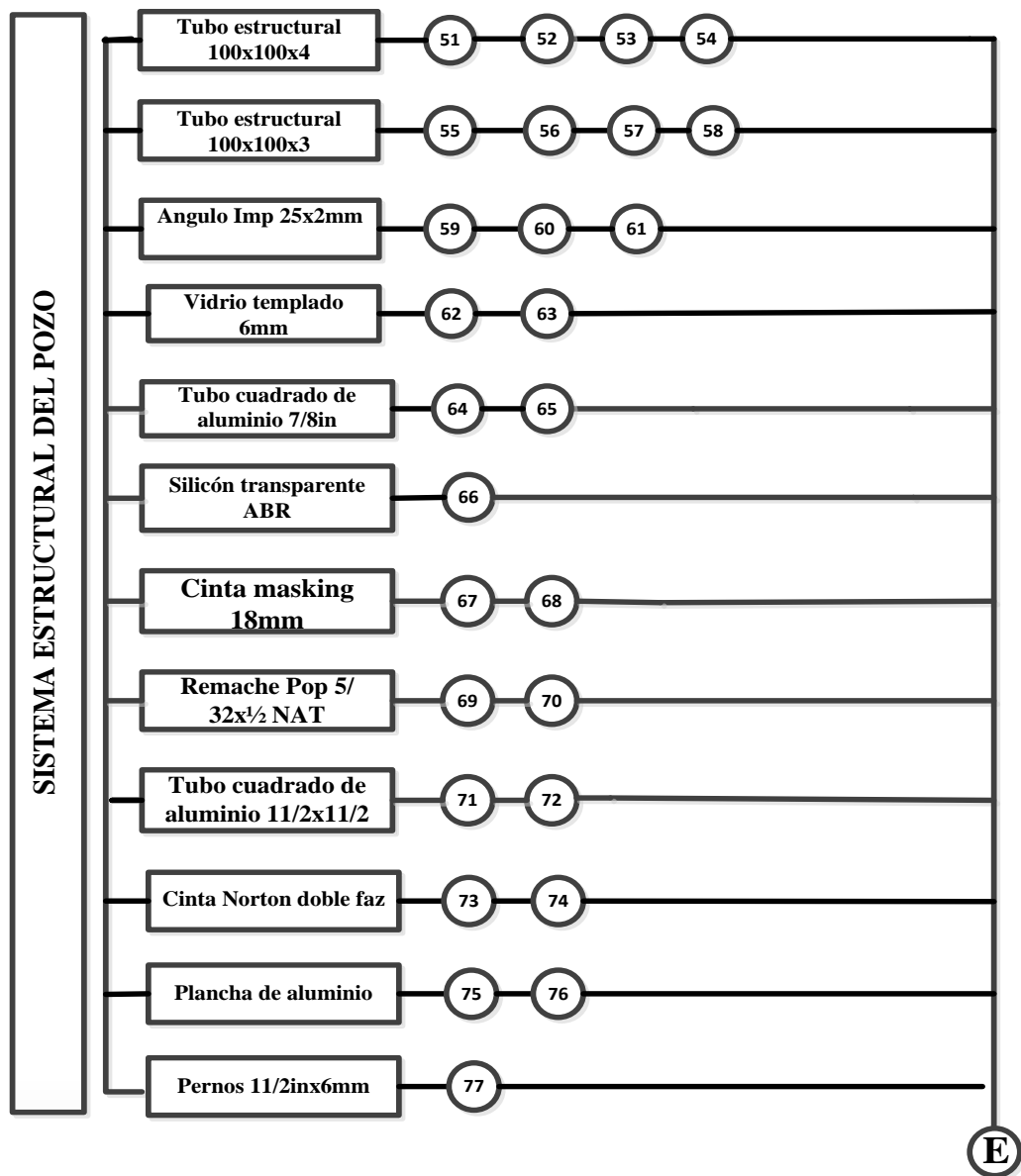
Fuente: CANDO MERINO, Danilo Rubén. HERNÁNDEZ GUILCAPI, Irma Cecilia.  
 “Diseño y Construcción de una Máquina Torcedora de Varilla Cuadrada Hasta de 1/2 pulgada en frio”. Tesis (Facultad de Mecánica, ESPOCH, 2012)

Figura 73. Operadores automáticos



Fuente: CANDO MERINO, Danilo Rubén. HERNÁNDEZ GUILCAPI, Irma Cecilia.  
 “Diseño y Construcción de una Máquina Torcedora de Varilla Cuadrada Hasta de 1/2 pulgada en frio”. Tesis (Facultad de Mecánica, ESPOCH, 2012)

Figura 74. Sistema estructural del pozo



Fuente: CANDO MERINO, Danilo Rubén. HERNÁNDEZ GUILCAPI, Irma Cecilia.  
 “Diseño y Construcción de una Máquina Torcedora de Varilla Cuadrada Hasta de 1/2  
 pulgada en frio”. Tesis (Facultad de Mecánica, ESPOCH, 2012)

## 5.6 Montaje del equipo elevador

Los tiempos utilizados durante el montaje del ascensor se presentan a continuación.

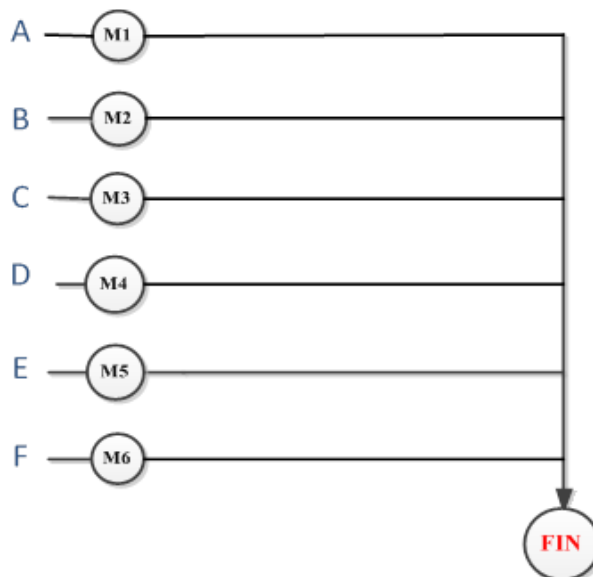
Tabla 26. Tiempos de montaje del ascensor

MONTAJE DEL ASCENSOR		
OPERACIÓN	SIMBOLO	TIEMPO (horas)
Montaje de sistema estructural del pozo y recubrimiento al final.	M1	32,00
Montaje de todo el conjunto de cabina incluido (yugo y escalera )	M1	8,00
Montaje eje principal de transmisión , y tambor de arrollamiento	M2	6,00
Montaje de sistema de transmisión principal o conjunto de cuarto de máquinas.	M3	24,00
Montaje de operadores automáticos	M4	10,00
Montaje e instalación del equipo eléctrico.	M5	8
<b>TIEMPO TOTAL EN MONTAJE</b>		<b>88,00</b>

Fuente: Autores

#### 5.6.1 Flujograma de montaje de ascensor

Figura 75. Flujograma de montaje de ascensor



Fuente: Autores

El flujograma mostrado en la figura indica las distintas operaciones de montaje señaladas, así como también su secuencia, hay que destacar además que el tiempo de montaje total es de 88 horas más el tiempo de construcción de los distintos elementos que es de 83,6 horas más un tiempo estimado de imprevistos igual a 20 horas, se tiene que el tiempo total de construcción del ascensor es como se indica en la siguiente tabla.

Tabla 27. Tiempo de construcción del ascensor.


TIEMPO DE CONSTRUCCIÓN DEL ELEVADOR	
PROCESOS	HORAS
Construcción de elementos	83,6
Montaje de elementos	88
Imprevistos	30
TOTAL	201,6




Fuente: Autores




Tomando en cuenta que las jornadas de trabajo corresponden a 8 horas diarias, tenemos que el tiempo de construcción es **30 días**.

## 5.7 Descripción de la construcción de los elementos.

Tabla 28. Elementos para la construcción de cabina

ELEMENTO	FIGURA	FUNCIÓN
<p><b>Perfil o canal estructural C 150x50x3mm (yugo)</b></p>		<p>El perfil C formara el yugo, el mismo que servirá de base tanto para la escalera y el conjunto de poleas correctamente ubicadas y ancladas por chumaceras.</p>

		Los yugos, tanto el inferior como el superior colocados transversalmente, están dispuestos de esa manera con el fin de cerrar el marco exterior de la cabina y darle mayor seguridad.
<b>Perfil o canal estructural C 200x50x3mm (escalera)</b>		El perfil C de la siguiente medida, establece el marco exterior de cabina sujeto respectivamente al yugo superior e inferior. La escalera como se la conoce está ubicada verticalmente de los dos lados de la cabina, su función es guiar a la misma en sentido vertical, el recorrido lo realiza a través de las riles o guías.
<b>Perfil o correa estructural G</b>		Formar la base principal de piso de la cabina el cual soportara la carga nominal de pasajeros.

<p><b>Plancha de acero inoxidable 430, No:40, 4x8in y 0.7mm</b></p>		<p>Permite forrar el exterior de la cabina, para después colocar el marco conformado por los yugos y escaleras.</p>
<p><b>Plancha de Acero Galvanizado. 1/25</b></p>	 Modelo Greco	<p>Establecer el acabado interior de cabina, dándole una presentación de brillo y calidad</p>
<p><b>Angulo (ASTM A36) (50x3)</b></p>		<p>Los ángulos estarán ubicados en el contorno de las planchas que cubrirá el techo de cabina y piso exteriormente, al colocar los ángulos se le dará mayor seguridad al conformado de cabina debido a que en los ángulos se sujetan las planchas de acero inoxidable</p>

Fuente: Autores



## 5.8 Estructura del pozo

Tabla 29. Estructura de pozo

ELEMENTO	FIGURA	FUNCIÓN
<p><b>Perfiles: Tubo cuadrado estructural (acero ASTM A36) 100x4 mm.</b>  <b>Tubo cuadrado estructural (Acero ASTM A 36) 100x3 mm.</b></p>		<p>Determina el soporte principal de todo el equipo: Cuarto máquinas, cabina, soportes de guías, operadores de puertas etc. La estructura en todas sus juntas lleva una correcta soldadura.</p>
<p><b>Detalle de la soldadura en la base de la estructura.</b></p>		<p>Las bases principales y todas las juntas, se encuentran soldadas y debidamente calificadas bajo la norma AWS D1.1, detallada en la tabla 6.1 de la misma, que se refiere a criterios de aceptación para inspección visual. (ANEXO F)</p>

Fuente: Autores

## 5.9 Equipo de potencia y conjunto

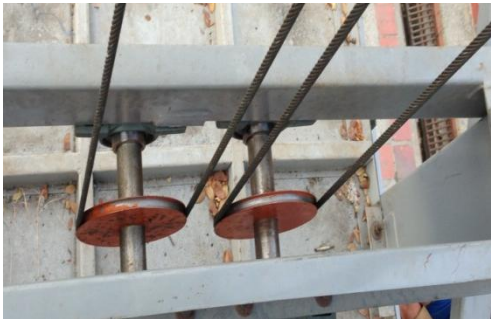
Tabla 30. Equipo de potencia y conjunto

ELEMENTO	FIGURA	FUNCIÓN
<p><b>Motor trifásico de 3HP, 1420 RPM, con brida y con freno (marca SITI tipo 100L1B3).</b></p> <p><b>Reductor lineal tipo MNHL 60/2.</b></p> <p><b>Convertidor de frecuencia MNHL</b></p>		<p>Conjunto conformado por motor, reductor de velocidad y freno incluido, debidamente acoplado con el tambor de arrollamiento. Permiten generar el acenso y descenso de cabina, la capacidad de los quipos se encuentran correctamente diseñados en función de la carga nominal y recorrido establecido. Todos los equipos y tambor de arrollamiento se encuentran anclados a un bastidor, el cual soportara el peso debido y aislara en lo posible las vibraciones</p>

Fuente: Autores

## 5.10 Poleas

Tabla 31. Poleas

ELEMENTO	FIGURA	FUNCIÓN
<p><b>Poleas</b></p>		<p>Permite generar el movimiento de los cables y también ayuda a reducir la magnitud de la fuerza necesaria para mover el peso nominal.</p>

Fuente: Autores

### 5.11 Procedimiento de soldadura

La ***soldadura por arco eléctrico*** es el proceso de unir dos piezas de metal usando un electrodo conductor recubierto, el cual se derrite debido a un arco eléctrico y se convierte al fundirse en parte de las piezas soldadas. Este resulta ser un proceso vital en el desarrollo de las estructuras, fácil de emplear y con gran efectividad.

Para el caso de la soldadura que se realizó especialmente en la estructura del pozo, primeramente se hizo una limpieza de la grasa y óxido de la zona a soldar para poder trabajar sobre una superficie bien limpia y realizar una soldadura de calidad.

Antes de realizar el proceso de soldadura, se debe tener en cuenta el equipo de seguridad adecuado para el proceso, como son: la máscara que se utilizará para proteger los ojos y toda la cara del brillo del arco y de las chispas que salen despedidas durante el soldado, también es necesario equiparse con un par de guantes y un delantal de piel para evitar que gotas de metal fundido pudieran provocar quemaduras, éste delantal cubre los hombros y el pecho del soldador, botas de trabajo éstas deben tener suelas aislantes y que no se derritan o ardan con facilidad.

Luego de esto se procedió a realizar la soldadura utilizando dos tipos de electrodos como son el electrodo E-6011 y E-7018, el electrodo E-6011 se utilizó como fondo y el electrodo E-7018 se utilizó para relleno de la soldadura. Después de acabar de soldar se retira la escoria depositada y se limpia la soldadura mediante un cepillo circular de alambre trenzado, para luego comprobar mediante un ensayo de tintas penetrantes si ha quedado algún defecto en la soldadura, el ensayo de tintas penetrantes se lo realizó mediante los pasos que se describen en el anexo E.

## CAPÍTULO VI

### 7. ANÁLISIS DE COSTOS

#### 6.1 Generalidades

En este capítulo se analizarán los costos unitarios para la construcción del ascensor considerando la adquisición de los equipos y materiales en función de precios del mercado local, y la construcción basado en normas de calidad.

#### 6.2 Clasificación de los costos

Los costos pueden ser:

- Costos directos
- Costos indirectos

**6.2.1 Costos directos.** Son aquellos que pueden identificarse directamente con un objeto de costos, sin necesidad de ningún tipo de reparto. Los costos directos se derivan de la existencia de aquello cuyo costo se trata de determinar, sea un producto, un servicio, una actividad, como por ejemplo:

- Materiales
- Equipos
- Mano de obra
- Transporte
- Costos de obra civil para la cimentación o foso

**6.2.1.1 Materiales.** Los costos de materiales en el siguiente proyecto de titulación, estarán enfocados en la correcta ejecución de un concepto de trabajo, que cumpla con las normas de calidad y especificaciones.

**6.2.1.2 Equipos.** El costo de los equipos depende directamente de la calidad y las condiciones de trabajo y operación a la cual será sometido en un periodo específico de tiempo.

Un equipo puede trabajar un número de horas o años en toda su vida en condiciones satisfactorias y predecibles, a esto se le conoce como vida útil del equipo, cada fabricante proporciona la vida útil de los equipos generalmente esta viene dada precisamente en años o en horas según su diseño.

Tabla 32. Costo de materiales

<b>ANÁLISIS DE COSTOS</b>				
<b>COSTOS DE MATERIALES PARA LA CABINA DEL ASCENSOR, Y TAMBOR DE ARROLLAMIENTO</b>				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
Tubo de acero (20cm de diámetro y 32cm de longitud x 6mm de espesor)	Unidad	1	28,00	28,00
Tapas de acero de 26cm de diámetro y 6mm espesor.	Unidad	3	11,00	33,00
Eje de transmisión. AISI 1018 de 2in x70cm	Unidad	1	32,3	32,30
Chumaceras de piso 2in (UC211-32)	Unidad	6	20,00	120,00
Planchas de acero inoxidable 430 ( No:40, 4x8in y 0.7mm)	Unidad	2	43,125	86,25
Electrodos AGA 6011 (1/8) 36 palillos	Kg	2	4,00	8,00
Disco de corte (41/2x1/16)	Unidad	1	1,00	2,00
Perfil o canal estructural C (acero ASTM A36) 150x50x3mm	6m	1	33,55	33,55
Perfil o canal estructural C (acero ASTM A36) 200x50x3mm	6m	1	40,49	40,49
Perfil o correa estructural G (acero ASTM A36) 150x50x15x3mm	6m	1	36,35	36,35
Plancha de acero galvanizado. 1/25, 0.90 (4x8)	Unidad	1	25,78	25,78
Ángulo (ASTM A36) 2x1/8 (50x3)	6m	2	16,16	32,32
Ángulo (ASTM A36) 1x1/8 (25x3)	6m	3	7,84	15,68
Perno cabeza hexagonal 1/4 x1in	Unidad	60	0,28	16,80
<b>SUBTOTAL A</b>				<b>510,52</b>

Fuente: Autores

Tabla 33. Costo de materiales

ANÁLISIS DE COSTOS				
COSTOS DE MATERIALES PARA EL POZO Y SU RECUBRIMIENTO				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Tubo cuadrado estructural (acero ASTM A36)100x4 mm.	6m	10	95,86	958,60
Tubo cuadrado estructural (acero ASTM A 36) 100x3 mm.	6m	8	72,07	576,56
Electrodos AGA 6011 1/8in	Kg	20	5,65	113
Cables de acero con alma de yute y con auto lubricación de 3/8in	30m	2	3,00	90,00
Rieles o guías de 10mm (con anclaje y uñas)	6m	4	200	800
Ángulo de aluminio. 25mmx2mm	6m	2	5,07	10,14
Vidrio templado (6mm)	mm2	17	55,35	940,95
Tubo cuadrado aluminio de 7/8in	6m	16	8,17	130,75
Silicón transparente ABRO	Unidad	25	3,13	78,13
Cinta masking 18mm fantape	Unidad	11	0,77	8,44
Remache pop 5/32 X1/2 NAT	Unidad	200	0,01	2,14
Tubo cuadrado aluminio de 1 1/2X1 1/2in	6m	5	16,74	83,7
Cinta norton doble faz	Unidad	3	22,48	67,43
Planchas de aluminio compuesto	mm2	64	29,46	1876
Perno 1/2in x6mm	Unidad	200	0,015	3
<b>SUBTOTAL B</b>				<b>5738,84</b>

Fuente: Autores

Tabla 34. Costos de Materiales y equipos

ANÁLISIS DE COSTOS				
COSTOS DE MATERIALES Y EQUIPOS				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Motor trifásico de 3HP , 1420 RPM, con brida y con freno (marca SITI Tipo 100L1B3)	Unidad	1	1200	1200
Reductor lineal tipo MNHL 60/2	Unidad	1	1925	1925
Convertidor de frecuencia MNHL	Unidad	1	527,56	527,56
Acoplamientos bridados para motor y tambor de arrollamiento (2in)	Unidad	1	120	120

Poleas de 30cm de diámetro y con ejes de 2in	Unidad	2	75	150
Operador de puertas tipo central de 80cm (Marca Mitsubishi)	Unidad	1	500	500
Puertas exteriores con cabezales para dos paradas (Marca Mitsubishi)	Unidad	2	700	1400
Cortina sensora de seguridad en la entrada de cabina	Unidad	1	350	350
<b>SUBTOTAL C</b>				<b>6172,56</b>

Fuente: Autores

### 6.2.1.3 Costo de equipos y herramientas

Tabla 35. Costo de equipos y herramientas

<b>ANÁLISIS DE COSTOS</b>			
<b>COSTO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA LA CABINA DEL ASCENSOR, Y TAMBOR DE ARROLLAMIENTO</b>			
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>COSTO X HORAS</b>	<b>HORAS EQUIPO</b>	<b>SUB- TOTAL</b>
Soldadora eléctrica	2,95	5,5	16,23
Taladro manual	0,85	5,25	4,46
Taladro pedestal	1,75	1,75	3,06
Torno	11,5	10	115,00
Aceitera	1	0,25	0,25
Broca	0,8	2	1,6
Cizalladora	1,44	0,45	0,65
Cortadora de plasma	3,55	4	14,2
Dobladora de tol	1,35	3	4,05
Escuadra	0,85	1,5	1,28
Esmeril	1,16	1,25	1,45
Moladora	1,22	0,4	0,49
Machuelo	0,85	0,58	0,49
Herramientas manuales (2% de la mano de obra total)			11,33
otros	1,31	2,1	2,75
<b>SUBTOTAL D</b>			<b>177,26</b>

Fuente: Autores

Tabla 36. Costo de equipos y herramientas

ANÁLISIS COSTOS			
COSTO DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS PARA PARA EL POSO Y SU RECUBRIMIENTO			
DESCRIPCIÓN	COSTO X HORAS	HORAS EQUIPO	SUBTOTAL
Soldadora eléctrica	32	3,5	10,32
Cortadora	5	5,25	4,46
Broca	1,75	1,75	3,06
Escuadra	0,8	0,5	0,4
Esmeril	0,85	1,5	2,12
Herramientas manuales (2% de la mano de obra total)			11,33
RECUBRIMIENTO DE LA ESTRUCTURA			
Tijeras	0,30	2	0,60
Pistola de silicón	0,80	5	4
Remachadora	0,60	6	3,6
Cortadora de aluminio	15	7	105
otros	12	2	2,75
<b>SUBTOTAL E</b>			<b>134,29</b>

Fuente: Autores

**6.2.1.4 Mano de obra.** Este rubro es directamente relacionado con los salarios que percibe el personal que de forma directa o indirecta colabora en la elaboración del producto o el servicio que se va elaborar.

Este salario depende de muchos factores como son: mano de obra calificada, no calificada, tipo de ocupación entre otras, y este tiene un mínimo regido por el Ministerio de Relaciones Laborales, la empresa tiene la libertad de pagar por encima de este básico pero no por debajo.

**Mano de obra directa.** Se llama mano de obra directa a la constituida por el personal que interfiere directamente en la elaboración del producto en este caso son:

- Ingenieros (Inspección, correcciones y diseño )



- Soldadores
- Mecánicos
- Torneros
- Otros (Auxiliares de mecánicos).

Tabla 37. Costos de mano de obra

<b>ANÁLISIS DE COSTOS</b>				
Cuadro auxiliar de costos de mano de obra				
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>CAT.</b>	<b>COSTO REAL x HORA</b>	<b>HORAS- HOMBRE</b>	<b>SUBTOTAL</b>
Maestro mecánico	I	3,5	30,00	105
Ayudante mecánico	I	3,25	15,00	48,75
Tornero	I	3,5	10,00	35
Soldador	I	3,5	90,00	315
Maestro electricista	I	3,8	11,00	41,8
Ayudante electricista	I	3,50	6,00	21
<b>SUBTOTAL F</b>				<b>566,55</b>

Fuente: Autores

**6.2.1.5 Costos por transporte de materiales y equipos.** El gasto representativo por transporte puede darse en el caso de no encontrar los equipos y materiales en la ciudad que se llevara a cabo la construcción (Riobamba –ESPOCH). Por lo tanto se puede considerar un porcentaje adecuado debido a que los equipos y materiales se encuentran en un 80% en la ciudad de Guayaquil.

Tabla 38. Costos de mano de obra

<b>ANÁLISIS DE COSTOS</b>	
<b>COSTOS POR TRANSPORTE</b>	
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR</b>
Costo total por transporte	300

Fuente: Autores

**6.2.1.6 Costos por obra civil.** Todos los gastos de material y de mano de obra civil se encuentran detallados en la tabla siguiente.

Tabla 39. Costos por obra civil

ANÁLISIS DE COSTOS				
COSTOS DE OBRA CIVIL PARA LA CIMENTACIÓN O FOSO				
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
Replanteo y nivelación	m2	7,70	1,09	8,39
Excavación manual	m3	10,80	3,44	37,15
Desalojo manual de material	m3	10,80	3,36	36,29
Relleno manual compactado	m3	3,10	4,13	12,80
Relleno con material de mejoramiento (Sub-base clase3)	m3	3,90	20,21	78,82
Acero refuerzo	Kg	311,05	1,91	594,11
Acero estructural	Kg	100,00	3,75	375,00
Hormigón simple fc=180Kg/cm2	M3	0,80	108,69	86,95
Hormigón simple fc=210Kg/cm2 en loseta	mm3	0,70	143,38	100,37
Hormigón simple fc=240Kg/cm2	mm3	14,15	147,79	613,33
Encofrado	m2	16,30	13,65	222,50
Placa de apoyo para columnas	Unidades	4,00	23,25	93,00
Placa tipo galvalume loseta Novalosa 65mm	m2	6,70	14,43	96,68
Malla electro soldada 15x15x5.5mm	m2	6,70	3,97	26,60
Mampostería de ladrillo	m2	4,50	11,59	52,16

Enlucido vertical mortero 1,6	m2	55,90	7,46	417,01
Contrapiso hormigón simple fc=180kg/cm2 e=8cm	m2	6,70	13,50	90,45
Masillado piso /losa	m2	13,20	7,66	101,11
Empaste interior	m2	13,20	3,24	42,77
Empaste exterior	m2	13,20	4,62	60,98
Pintura interior	m2	13,20	2,88	38,02
Pintura exterior	m2	13,20	3,24	42,77
Punto de iluminación	Pto	2,00	20,46	40,92
Punto de tomacorriente	Pto	2,00	27,34	54,68
Tablero de control 4-8 tacos	Unidades	1,00	69,64	69,64
Limpieza final de obra	m2	7,70	0,95	7,32
SUBTOTAL G				3399,82

Fuente: Autores

#### 6.2.1.7 Costos total directo.

Tabla 40. Costo total directo

DESCRIPCIÓN		PRECIO(\$)
MATERIALES	SUBTOTAL A	510,52
	SUBTOTAL B	5738,84
	SUBTOTAL C	6172,56
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	SUBTOTAL D	177,26
	SUBTOTAL E	134,29
MANO DE OBRA		566,55
TRANSPORTE		300
OBRA CIVIL		3399,82
<b>COSTO TOTAL DIRECTOS</b>		<b>16999,84</b>

Fuente: Autores

**6.2.2 Costos indirectos.** Los costos indirectos son aquellos en los que intervienen los costos ingenieriles, este costo ingenieril tiene un agregado del 25% que está

involucrado con la supervisión y diseño del elevador, en el tiempo de la construcción del costo total indirecto.

Tabla 41. Costos directos

<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
<b>COSTOS INGENIERILES</b>	<b>UNIDAD</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PRECIO UNITARIO</b>	<b>PRECIO TOTAL</b>
Supervisión	Hora	60	5,096	305,76
Diseño	Hora	40	5,096	203,84
IMPREVISTOS ( Considerado el 5 % del costo directo )				849,99
<b>SUBTOTAL F</b>				<b>1359,59</b>

Fuente: Autores

**6.2.3 Costos totales.** Es la suma de los costos directos más los costos indirectos cabe recalcar que estos precios ya tiene incluido el IVA que es el 12% en nuestro país.

Tabla 42. Costos totales

<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>VALOR</b>
COSTO TOTAL DIRECTO	16999,84
COSTO TOTAL INDIRECTO	1359,59
<b>VALOR TOTAL</b>	<b>18359,43</b>

Fuente: Autores

## **CAPÍTULO VII**

### **7. MANTENIMIENTO**

#### **7.1 Fundamento**

El Mantenimiento se define como un conjunto de acciones organizadas y programadas, tendente a reparar y preservar las máquinas, equipos e instalaciones físicas, con el propósito de que estas trabajen dentro de los límites de diseño preestablecidos, con el menor número de fallas, mayor rendimiento y con menor número de accidentes y lesiones por parte del usuario, el menor costo durante su vida útil.

#### **7.2 Principios básicos de mantenimiento**

Los principios del mantenimiento resaltan la importancia de la aplicación del mismo. Todos estos deben ser tomados en cuenta a la hora de realizar un plan de mantenimiento.

- El mantenimiento es parte integral de la organización.
- El mantenimiento es una función de servicio técnico.
- El mantenimiento es tan importante como las operaciones.
- El trabajo se planifica antes de su ejecución.
- Los trabajos de mantenimiento tienen que ser revisados.
- El rendimiento del mantenimiento es comparado con indicadores.
- El mantenimiento vela por la condición del equipo.
- El mantenimiento óptimo se diseña en una instalación al principio.
- El mantenimiento exige un programa de calificación de obreros, técnicos y supervisores.

Junto a estos principios, existen un conjunto de políticas, procedimientos y normativas que rigen la manera que se debe efectuar el mantenimiento en todos sus aspectos, con eso se obtienen la formación de un sistema de mantenimiento.

### **7.3 Funciones del mantenimiento**

El servicio de mantenimiento tiene 6 funciones básicas, estas son:

- Inspeccionar: detectar anomalías en los equipos a través de recorridas.
- Reparar: solucionar averías que se producen en el equipo, para devolver a éste el estado de disponibilidad perdida a causa de la avería, en el menor tiempo y con el menor costo posible.
- Mantener: evitar las averías y el mal funcionamiento de equipos e instalaciones a futuro, reduciendo el costo y la cantidad de intervenciones.
- Preservar: realizar las intervenciones que exige el diseño del equipo para su correcta conservación y así, poder alargar la vida útil de las máquinas e instalaciones, evitando su desgaste mediante la generación de rutinas de engrase, limpieza y protección contra agentes erosivos y corrosivos.
- Mejorar: modificar el diseño del equipo a la luz de la experiencia, para reducir el costo del mantenimiento en el futuro.
- Concebir: participar en el diseño de los equipos para transferir al diseñador la experiencia y los conocimientos de las características de mantenimiento de los equipos.

### **7.4 Mantenimiento preventivo**

Se entenderá por mantenimiento preventivo el conjunto de operaciones programadas, consistentes en la realización de inspecciones, verificaciones, limpiezas, puestas a punto, revisiones y sustituciones periódicas de los elementos de los ascensores para conseguir el correcto funcionamiento de los mismos, evitando que se produzca la avería o fallo.

**7.4.1 Objetivos del mantenimiento preventivo.** Los objetivos del mantenimiento preventivo se pueden sintetizar en la consecución de tres logros de fundamental importancia y de vital necesidad para un correcto funcionamiento del equipo:

- a) Máximo ofrecimiento actividad - funcionamiento, con máxima eficiencia funcional, alta confiabilidad operativa y elevado grado de seguridad industrial.
- b) Reducción al máximo del desgaste o deterioro de los elementos mecánicos, preservando el capital invertido en dichos medios.

c) Ejecución de las dos funciones anteriores de la manera más eficaz posible tomando en cuenta que el equipo se utilizara con el fin de transportar personas.

**7.4.2** *Ventajas operativas del mantenimiento preventivo.* Las ventajas operativas que se derivan de la aplicación del Sistema de Mantenimiento Preventivo, son:

- a) Reducción del número de averías en servicio.
- b) Reducción consecuente de emergencia por rotura.
- c) Mayor disponibilidad de funcionamiento.
- d) Mayor índice de confiabilidad en servicio.
- e) Reducción de los materiales requeridos y tiempo – tareas correctivos vs tiempos tareas preventivos.
- f) Ampliación del límite de vida útil de los equipos.
- g) Eliminación de la necesidad del equipo de reserva.
- h) Mayor grado de Seguridad Mecánica y Eléctrica.

**7.4.3** *Ventajas económicas del mantenimiento preventivo.* Las ventajas económicas del mantenimiento preventivo se derivan en gran medida de las ventajas operativas antes señaladas:

- Reducción de inversiones para renovación del equipo.
- Reducción del costo de reparaciones en mano de obra y materiales.

Para realizar el mantenimiento preventivo se debe considerar los siguientes aspectos:

- a) Suministro de los materiales y consumibles necesarios para la ejecución de las operaciones de mantenimiento, como aceites, grasas, valvulinas, útiles de limpieza, etc.
- b) Atender, durante la jornada laboral, las averías que se produzcan.
- c) Interrumpir el servicio cuando se aprecie que no ofrece las debidas condiciones de seguridad.
- d) Instruir al personal encargado, para que pueda desempeñar correctamente el servicio que le está encomendado.

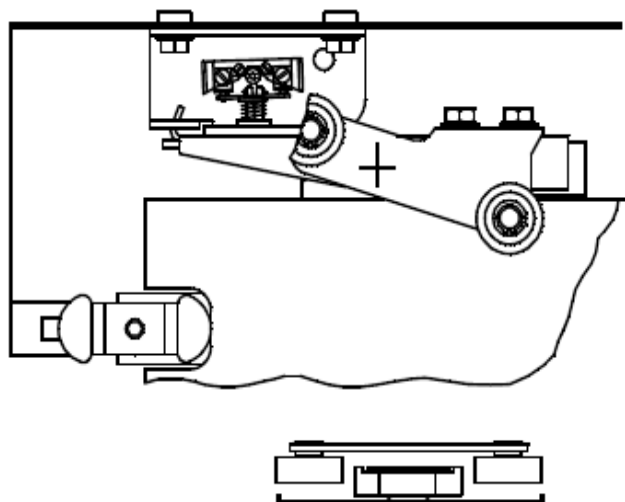
## 7.5 Puesta en marcha del elevador

**7.5.1 Verificaciones y pruebas a realizar.** A continuación se detallan una serie de verificaciones y pruebas a realizar antes de la puesta en marcha del ascensor.

### a. *Dispositivos de enclavamiento.*

- En primer lugar deberemos asegurarnos que las puertas se encuentran alineadas con las de cabina.
- No debe existir rozamiento entre sí o con el marco de la puerta. Debemos comprobar que las ruedas del enclavamiento y de las cerraduras se encuentran ajustadas.
- Procederemos a comprobar el enclavamiento de la puerta, verificando que una vez cerrada la puerta de piso se produce el desplazamiento de cabina. También podemos intentar provocar el desplazamiento lateral de la puerta cuando está cerrada, este desplazamiento debe ser nulo.
- La partida de la cabina, solo será posible cuando los elementos de enclavamiento estén encajados tal como se muestra en la figura 76.

Figura 76. Posición de enclavamiento



**Enclavamiento efectivo en posición de cierre y  
contacto eléctrico de seguridad establecido**

Fuente: <http://www.excell.com.ar/manual.pdf>



**b. *Dispositivos eléctricos de seguridad***

- Protecciones eléctricas. Verificar que no tienen falsos contactos, que se encuentran bien apretadas sus conexiones.

**c. *Temporizadores de cabina, exteriores y de máximo tiempo de recorrido***

- Comprobar que las órdenes de la botonera de cabina tiene preferencia sobre las órdenes de las botoneras exteriores, con una diferencia de 2 segundos como mínimo.

**d. *Actuación del paracaídas de cabina***

- Se comprobará que el contacto de seguridad del paracaídas ha provocado el corte de la maniobra.

**e. *funcionamiento de los finales de carrera.***

- Comprobar que cortan la maniobra cuando el ascensor se pasa de curso en las paradas extremas antes de hacer contacto con los amortiguadores la cabina o el contrapeso.

**f. *Seguridades del techo de la cabina.***

- Comprobar que el aflojamiento de cables, el STOP y cualquier otro dispositivo de seguridad instalado en el techo de la cabina, al ser accionado corta la alimentación de la maniobra haciendo parar el ascensor.

**g. *Comprobar precisión y suavidad de parada.***

- Comprobar que con la mitad de la carga el ascensor para, tanto en subida como en bajada, con un desnivel máximo de 3 centímetros.

**h. *pulsadores de llamada (exteriores y de cabina).***

- Comprobar que hacen funcionar el ascensor y la numeración corresponde con los pisos. Comprobar que las indicaciones luminosas lo hacen de forma ordenada (ocupación, puerta abierta, etc.).

**i. Puertas de cabina.**

- Comprobar que las puertas cierran totalmente en abertura de entrada, no existen separaciones mayores de 3,5 mm. No hacen ruido al cerrar o abrir y no arranca el ascensor con un obstáculo superior a 1,5 cm. de grueso metido entre las puertas.

**j. Sistema de frenado**

- Comprobar el perfecto funcionamiento del freno, para ello la cabina estará cargada con un 25% más de la carga nominal. La prueba se realizará a velocidad nominal y en sentido descendente, cortando la alimentación del motor y del freno. El freno debe ser capaz por si solo de detener la cabina.

**k. Paracaídas de cabina.**

- Comprobaremos que los paracaídas han sido bien montados y ajustados.
- Comprobaremos que los rodillos o cuñas no rozan con las guías, debiendo existir una holgura suficiente entre guías y cabina para un correcto funcionamiento.

**l. amortiguador de acumulación de energía (muelles, puffers).**

- Se comprobará llevando la cabina con su carga nominal a contacto con los amortiguadores, no debe existir deformación en los mismos.

**7.6. Uso y precauciones del ascensor**

- El uso de la llave de apertura de puertas en caso de emergencia se limitará exclusivamente a operaciones de rescate en momentos de averías.
- La iluminación del recinto del ascensor permanecerá apagada, excepto cuando se proceda a reparaciones en el interior del mismo.
- El cuarto de máquinas será accesible únicamente a la persona encargada del servicio ordinario y al personal de la empresa conservadora.
- La empresa instaladora facilitará una llave para apertura de puertas en caso de emergencia a la persona encargada del servicio ordinario de los ascensores.
- El uso de esta llave se limitará exclusivamente a las operaciones de rescate de las personas que viajasen en el camarín en el momento de la avería.

- Se debe evitar la posible interferencia al acceso de las puertas de cualquier escalón peligroso u objetos (maceteros, papeleras, etc.) que puedan dificultar el acceso seguro a cabina.

#### **7.6.1** *Prescripciones*

- Si alguna de las comprobaciones realizadas por el usuario fuese desfavorable y observase alguna otra anomalía en el funcionamiento del ascensor, deberá dejar éste fuera de servicio cortando el interruptor de alimentación del mismo, colocará en cada acceso carteles indicativos de "No Funciona" y avisará a la empresa conservadora.
- Si la anomalía observada es que puede abrirse una puerta de acceso al ascensor sin estar frente a ella el recinto, además del letrero de "No Funciona", deberá dejarse fuera de servicio el ascensor y condenarse la puerta, impidiendo su apertura.
- Deberá conservarse en buen estado el libro de registro de revisiones.
- Siempre que se revisen las instalaciones (atención de avisos, engrases y ajustes, reparación o recambio de cualquier componente del conjunto), un instalador autorizado deberá reparar los defectos encontrados y reponer las piezas que así lo precisen.
- Los elementos y equipos de la instalación deberán ser manipulados única y exclusivamente por el personal de la empresa fabricante o por el servicio de mantenimiento contratado.

#### **7.6.2.** *Prohibiciones*

- No se utilizará el camarín por un número de personas superior al indicado en la placa de carga ni para una carga superior a la que figura en la misma.
- No se accionará el pulsador de alarma, salvo en caso de emergencia.
- No se hará uso indiscriminado del botón de parada, debiendo utilizarse únicamente en caso de emergencia.
- No se saltará ni se realizarán otros movimientos violentos.
- No se obstruirán las guías de la puerta.
- No se utilizará cuando, directa o indirectamente, se tenga conocimiento de que no reúne las debidas condiciones de seguridad.
- No se utilizará como montacargas, para evitar su deterioro.

- No se maltratarán sus acabados ni su botonera.
- No se obstaculizará el cierre de sus puertas.

## **7.7 Fallas frecuentes producidas en un ascensor**

Un ascensor puede estar sujeto a diferentes averías entre ellas tenemos:

### **7.7.1 Fallas funcionales**

- No se desplazan las personas de un piso a otro.

### **7.7.2 Modos de fallas**

- a. Sensores de seguridad activados.
- b. Contactores gastados.
- c. Desnivelación de puerta cabina.
- d. Accionamiento de puertas.
- e. Falla de freno de motor.
- f. Pulsadores de llamada de piso bloqueados.

### **7.7.3 Causas de falla**

- Falta lubricación.
- Exceso de peso.
- Breaker dañado.
- Cables partidos, flojos, sulfatados, mal conectados, defectuosos.
- Pasador partido, trancado, doblado.
- Acoples dañados.
- Alta temperatura.
- Bloqueo por material.
- Caída de tensión.
- Correas defectuosas.
- Desgaste de freno.

## **7.8 Operaciones de mantenimiento**

A continuación se indican las operaciones de mantenimiento preventivo:

a) Ascensores eléctricos

Tabla 43. Operaciones de mantenimiento a realizar

OPERACIONES MENSUALES DE MANTENIMIENTO	
VERIFICACIÓN	OPERACIÓN A REALIZAR
Comprobar el correcto funcionamiento de alarma, stop.	Al no responder la alarma de emergencia, es preciso cambiar la instalación eléctrica de la botonera, el stop debe estar en acción directa con la electroválvula que controla el freno, los cables deben ir correctamente ubicados y separados. Para evitar cortocircuitos en la línea.
Arranque, confort de viaje, parada y nivelación	No debe existir alguna acción brusca entre el arranque y parada de cabina, debe responder en el tiempo establecido de arranque, por tanto es importante verificar que no exista deslizamiento de los cables, frenos o algún material que obstruya el nivel de parada en cada piso.
Apertura, reapertura y cierre de puertas de cabina	Todo debe responder al mismo tiempo, en el momento de cerrar las puertas de cabina, al no suceder esto es necesario revisar las guías de puertas donde se desplazan los rodamientos, estas deben estar totalmente limpias y en caso de existir problemas en los rodamientos se deben sustituir.
Funcionamiento y señalización de puertas de pisos	La señalización debe coincidir exactamente con cada piso, en este caso se debe revisar el cuadro de maniobras.
Holguras entre las guías y la cabina	La holgura no debe exceder de 10mm como máximo, el juego debe ser exacto para que no exista problema en el momento de acción de los paracaídas. También es preciso revisar el estado de las guías y sus fijaciones con la estructura.
Iluminación en el interior de cabina y pozo	Revisar las líneas de instalación, que no se encuentren cables gastados, la intensidad de las lámparas debe ser adecuada o se debe reemplazar por nuevas.
Estado de la máquina y grupo tractor	No debe variar la holgura moto-reductor, poleas y freno. Los equipos deben estar correctamente anclados en la bancada, es necesario revisar el anclaje. En el motor se debe realizar una correcta limpieza, y verificar que no existan caídas de tensión en la línea principal.
Estado de los cables de tracción y amarres	Verificar el estado, y que se encuentren correctamente lubricados los cables de tracción, lubricante recomendado. En los amarres se debe revisar que no exista soltura, caso contrario realizar reajuste de los mismos,

	y mantener siempre limpios.
Niveles de aceite y fugas	Mantener siempre lubricadas las guías, y controlar el nivel de aceite de cada recipiente. El aceite que se debe utilizar es un AW40.
Funcionamiento del limitador, su engrase, conexión del contacto, cables.	Revisar los contactos, su estado y lubricación del cable guía. Mantener totalmente limpio el limitador.
Estado y conexión de finales de recorrido e interruptor de corte	Revisar el estado de los sensores mecánicos, que cumplen como finales de carrera, controlar que respondan con facilidad al recibir contacto.
Estado y sujeción de los amortiguadores y topes	En los amortiguadores controlar que no exista falla en el anclaje, y se encuentren flojos, caso contrario recubrir con hormigón o fijar con soldadura.

Fuente: Autores

Tabla 44. Operaciones de mantenimiento a realizar

OPERACIONES SEMESTRAL DE MANTENIMIENTO	
VERIFICACIÓN	OPERACIÓN A REALIZAR
Limpieza del foso	Debe asistir una persona con conocimiento de seguridad y que cuente con todas las herramientas necesarias.
Medición de la resistencia de aislamiento de las bobinas del motor	Controlar el desgaste, este equipo debe estar correctamente protegido libre de humedad.
Verificación de las protecciones térmicas del motor	Que se encuentren en perfectas condiciones, caso contrario sustituir.
Verificación de la línea trifásica que alimenta al motor	Revisar los Breakers, y el cableado principal.
Limpieza de pisadera puerta cabina	Que no exista residuos o materiales que dificulte el paso de las personas.
Nivel de aceite en la caja reductora	El nivel del aceite debe comprobarse regularmente, mínimo una vez al mes; el agujero de ventilación debe mantenerse siempre limpio. En el reductor nuevo después de las 200 horas iniciales de funcionamiento debe cambiarse el aceite realizando un lavado respectivo; los posteriores cambios se harán entre las 1500 y 2000 horas de trabajo.
Estado y patinaje de los cables	Colocar toda la carga nominal dentro de cabina en modo prueba y chequear si no existe deslizamiento indebido, es recomendable revisar las poleas, y accionamiento de paracaídas en un caso extremo.

Fuente: Autores

Tabla 45. Operaciones de mantenimiento a realiza

OPERACIONES SEMESTRAL DE MANTENIMIENTO	
VERIFICACIÓN	OPERACIÓN A REALIZAR
Verificar paracaídas	El control de paracaídas es a través del limitador de velocidad, una vez que la cabina sobrepase la velocidad establecida, el paracaídas detiene la cabina sujetándose en las guías principales. Es necesario hacer esta prueba, en caso de no responder revisar el tablero de control, y el funcionamiento mecánico del paracaídas.
Limpiar foso	Limpiar cada parte de la estructura detenidamente suspendiendo el elevador durante ese tiempo.
Limpieza de techo de cabina	Limpiar con extremo cuidado, utilizando las herramientas adecuadas.
Revisar conexiones eléctricas de los motores	Analizar y comprobar punto a punto que no existan fallas en la instalación eléctrica
Revisar que las poleas estén sujetadas en los ejes	No puede existir juego entre los diferentes conjuntos, revisar las chavetas en cada polea que no exista juego, caso contrario asegurar puede ser con soldadura o rectificando el apriete.
Limpieza y lubricación del limitador	Lubricar los cables con aceite adecuado
Limpieza bajos cabina	Incluye paracaídas, cableado y ductos de ventilación
Revisar los contactos de botones de llamadas de piso y cabina	Limpiar y comprobar detenidamente el funcionamiento de las botoneras, al responder se deberá cambiar los contactos.

Fuente: Autores

## 7.9 Registro de las operaciones de mantenimiento

Todas las operaciones de mantenimiento, así como la identificación de quién las realizan y la fecha, deberán quedar oportunamente registradas.

Tabla 46. Modelo oficial de ficha de revisión general periódica de ascensores.

Empresa Conservadora:		Provincia :
Elevador Instalado en:	Calle:	Número:
Destino del edificio:	Propietario:	
Fecha de instalación del aparato :	Marca:	
Plazo de revisión general Periódica: años	Última Revisión:	Fecha de actual revisión :

Fuente: LASHERAS ESTEBAN, José María. Ascensores y Escaleras Mecánicas. Ediciones Montesco, Barcelona, España. 1980.

Tabla 47. Características básicas

Tipo de Aparato :	Capacidad: Personas	Carga Nominal: Kg
Velocidad :	Número De paradas :	Recorrido:

		<u>Resultado</u>	
1. Cerradura y enclavamiento de puertas	En cada piso se comprobara el funcionamiento de los contactos de parada	Cumple <input type="checkbox"/>	No cumple <input type="checkbox"/>
2. Cables y amarres	Estado de los mismos	Cumple <input type="checkbox"/>	No cumple <input type="checkbox"/>
3. Adherencia de los cables de tracción	Con cabina en vacío bajando y a plena carga bajando, no debe existir deslizamiento visible al arrancar y parar, respectivamente.	Cumple <input type="checkbox"/>	No cumple <input type="checkbox"/>
4. Freno	Comprobación de guarniciones frenantes, articulaciones, palancas, electroimán y resortes e igualmente dispositivo de desbloqueo manual.	Cumple <input type="checkbox"/>	No cumple <input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> Guarniciones	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> Articulaciones	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> Palancas	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> Electroimán	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> Resortes	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> Desbloqueo	<input type="checkbox"/>
5. Limitador de velocidad y paracaídas	Actuar a mano sobre el limitador de velocidad en sentido de bajada y en marcha reducida, comprobando el funcionamiento del paracaídas.	Cumple <input type="checkbox"/>	No cumple <input type="checkbox"/>
6. Amortiguadores	Ensayo en vacío y a velocidad reducida	Cumple <input type="checkbox"/>	No cumple <input type="checkbox"/>
7. Final de recorrido	Accionando el ascensor a mano, pasarlo de recorrido en las paradas externas y comprobar el accionamiento.	Cumple <input type="checkbox"/>	No cumple <input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> Alto	<input type="checkbox"/>
		<input type="checkbox"/> Bajo	<input type="checkbox"/>



8. Dispositivo de petición de auxilio y parada	Comprobación de su funcionamiento	Cumple <input type="checkbox"/>	No cumple Auxilio <input type="checkbox"/> Parada <input type="checkbox"/>
9. Cuarto de maquinas	Inspección Visual del interior de cabina y acceso a la misma	Cumple <input type="checkbox"/>	No cumple Cabina <input type="checkbox"/> Accesos <input type="checkbox"/>
10. Prioridades	Comprobar la prioridad del mando del camarín sobre los mandos exteriores y retardación en el accionamiento por botonera en camarín.	Cumple <input type="checkbox"/>	No cumple Prioridad <input type="checkbox"/> Retardo <input type="checkbox"/>
11. Iluminación en cabina y accesos	Comprobación de los mismos	Cumple <input type="checkbox"/>	No cumple Cabina <input type="checkbox"/> Accesos <input type="checkbox"/>
12. Estado del parámetro de puertas y holgura de la cabina con los mismos	Comprobación	Cumple <input type="checkbox"/>	No cumple Puertas <input type="checkbox"/> Cabina <input type="checkbox"/>
14. Otros ensayos y verificaciones no incluidos en los puntos anteriores		Cumple <input type="checkbox"/>	No cumple Hueca <input type="checkbox"/> Foso <input type="checkbox"/>

Fuente: LASHERAS ESTEBAN, José María. Ascensores y Escaleras Mecánicas.  
Ediciones Montesco, Barcelona, España. 1980.

## **CAPÍTULO VIII**

### **8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **8.1 Conclusiones**

La alternativa de utilizar un ascensor residencial ausente de contra peso; es con la finalidad de acoplarse a un edificio de pocas paradas. Considerando también que la inversión económica y el espacio físico es accesible para su construcción.

El propósito de utilizar el sistema estructural para la construcción del pozo, se basa en la idea de ubicación del elevador debido a que el edificio es antiguo y no se tiene la disponibilidad de espacio en su interior.

Debido al diseño del ascensor bajo normas establecidas se tiene el mecanismo para el uso especialmente de personas con movilidad reducida, permitiendo la accesibilidad a la segunda planta del edificio de la Escuela de Ingeniería Mecánica.

En la protección mecánica del ascensor se tiene el paracaídas de rotura, el cual entra a funcionar solamente cuando se hayan roto los cables de tracción del ascensor.

En la actualidad los técnicos de las empresas de transporte vertical utilizan como método el mantenimiento preventivo-correctivo porque es el más práctico y fácil de aplicar.

Los Planes de Mantenimiento facilitan un buen desarrollo y desempeño de las actividades. (La realización incorrecta del mantenimiento preventivo trae como consecuencia un incremento de las fallas de los equipos del ascensor).

#### **8.2 Recomendaciones**

En caso de avería coloque el rótulo “fuera de servicio” y llame rápidamente al servicio técnico de Mantenimiento.

Es importante aplicar un plan de mantenimiento, y cumplir con el mismo durante el tiempo establecido por el fabricante.

Una vez puesto en funcionamiento el elevador no sobrepasar el límite de peso indicado en la cabina, el ascensor está diseñado para transportar un límite máximo de peso. En este caso está considerado para una persona con movilidad reducida y un acompañante.

Para detectar las posibles fallas que se presenten durante la instalación y pruebas de funcionamiento del ascensor es imprescindible estar familiarizado con cada parte y elemento del elevador.

Los usuarios deben darle un trato adecuado, no lanzando basura, ni objetos extraños ya que pueden ocasionar accidentes.

Se debe realizar varias pruebas de funcionamiento del ascensor y revisar detenidamente el comportamiento de cada uno de los equipos de tal manera que garantice total seguridad

El ascensor por ser panorámico se debe llevar un estricto control de limpieza en su exterior.

## Bibliografía

**Abaq.** [En línea] [Citado el: 15 de Enero de 2013.]

<http://www.abaq.es/castella/parts.html>.

**Ascensores ws.** Ascensores.ws. *Ascensores.ws*. [En línea] [Citado el: 7 de Octubre de 2012.] <http://www.ascensores.ws/tipos/>.

**Ascensores ws. para discapacitados.** ascensores.ws. *ascensores.ws*. [En línea] [Citado el: 7 de Octubre de 2012.] <http://www.ascensores.ws/tipos/ascensores-para-discapacitados.html>.

**Corte Constitucional. 2011.** Corte constitucional. *Corte constitucional*. [En línea] 2011. [Citado el: 7 de Octubre de 2012.] <http://www.corteconstitucional.gov.co/relatoria/2011/t-553-11.htm>.

**Ecuador Defensoría del Pueblo.** Ecuador Defensoria del Pueblo. *Ecuador Defensoria del Pueblo*. [En línea] [Citado el: 5 de Octubre de 2012.] [http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&cad=rja&ved=0CEUQFjAE&url=http%3A%2F%2Fwww2.ohchr.org%2Fenglish%2Fissues%2Fdisability%2Fdocs%2FEcuadorDefensoriadelPueblo.doc&ei=sn-rUbXsBITq8wTS74HYCQ&usg=AFQjCNemaUsAt0c\\_e\\_iuUvMAZvT33XZ](http://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=5&cad=rja&ved=0CEUQFjAE&url=http%3A%2F%2Fwww2.ohchr.org%2Fenglish%2Fissues%2Fdisability%2Fdocs%2FEcuadorDefensoriadelPueblo.doc&ei=sn-rUbXsBITq8wTS74HYCQ&usg=AFQjCNemaUsAt0c_e_iuUvMAZvT33XZ).

**GIECK, Kurt. 2000.** *Manual de Fórmula Técnicas*. México : Alfaomega, 2000.

**HELLMUT, Ernst. 1970.** *Aparatos de Elevación y Transporte, Tomo I, Principios y Elementos Constructivos*. Barcelona : Blume, 1970.

**INEN . 2001.** *Accesibilidad de las personas con discapacidad y movilidad reducida al medio físico*. Ascensores. 2001.

**LARBURU, N.** *Máquinas Prontuario Técnicas Máquinas Herramientas*.

**LASHERAS ESTEBAN, José María. 1980.** *Ascensores y Escaleras Mecánicas*. Barcelona, España : Montesco, 1980. ISBN. 84-352-0525-8.

**MOTT, R. 2006.** *Diseño de Elementos de Máquinas*. 2006.

**Mp Ascensores. 2006.** Curso de formación de ascensores. *Curso de formación de ascensores*. [En línea] Mayo de 2006. [Citado el: 10 de Enero de 2013.] <http://es.scribd.com/doc/138281658/Curso-Formacion-Ascensores-MACPUARSA-pdf>.

**NAVARRO GONZALES, Francisco Esteban. 2001.** *Diseño, Construcción e Instalación de un Elevador de Carga en un Centro Comercial de la Ciudad de Guayaquil*. 2001.

**Norma ecuatoriana de construcción.** *Sistema de elevación y transporte*.

**Norma EN 81-1. 2001.** *Reglas de seguridad para la construcción e instalación de ascensores eléctricos*. 2001.

**Riberdis.** riberdis. *riberdis*. [En línea] [Citado el: 5 de Noviembre de 2012.]  
<http://riberdis.cedd.net/handle/11181/3239>.

**SHIGLEY, Joseph E. 1985.** *Diseño en Ingeniería Mecánica*. México : McGraw-Hill, 1985.

**Sigweb.** Sigweb. *Sigweb*. [En línea] [Citado el: 5 de Noviembre de 2012.]  
<http://www.sigweb.cl/biblioteca/AscensoresComponentes.pdf>.

*Sistema de Elevación para Edificio de Espacio Reducido. Universidad Politécna de Cataluña. 2002.* Barcelona : s.n., 2002.

Wikipedia. [En línea] [Citado el: 5 de Noviembre de 2012.]  
<http://es.wikipedia.org/wiki/Ascensor>.

**Wikipedia (Personas con movilidad reducida).** Personas de movilidad reducida.  
*Personas de movilidad reducida*. [En línea] [Citado el: 10 de Enero de 2013.]  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Persona\\_de\\_movilidad\\_reducida](http://es.wikipedia.org/wiki/Persona_de_movilidad_reducida).

**Wikipedia. 2012.** Wikipedia. *Wikipedia*. [En línea] 14 de Octubre de 2012. [Citado el: 5 de Noviembre de 2012.] <http://es.wikipedia.org/wiki/Ascensor>.